



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA,**

**TELECOMUNICACIONES Y REDES**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR DE TELEVISIÓN**

**DIGITAL TERRESTRE PARA EL CANAL DE TELEVISIÓN**

**UNIMAX EN LA CIUDAD DE AMBATO”**

Trabajo de titulación presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y**

**REDES**

**AUTORA: ZÚÑIGA NÚÑEZ ERIKA PAULINA**

**TUTOR: ING. HUGO MORENO AVILÉS**

**Riobamba-Ecuador**

**2017**

**©2017, Erika Paulina Zúñiga Núñez**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del autor, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA TELECOMUNICACIONES Y**  
**REDES**

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que la: “IMPLEMENTACIÓN DE UN TRANSMISOR DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE PARA EL CANAL DE TELEVISIÓN UNIMAX EN LA CIUDAD DE AMBATO”, de responsabilidad de la señorita Erika Paulina Zúñiga Núñez, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

ING. WASHINGTON LUNA

**DECANO DE LA FACULTAD DE  
INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

\_\_\_\_\_

ING. FRANKLIN MORENO

**DIRECTOR DE LA ESCUELA  
DE ELECTRÓNICA  
TELECOMUNICACIONES Y REDES**

\_\_\_\_\_

ING. HUGO MORENO, PhD.

**DIRECTOR DE TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

\_\_\_\_\_

ING. JEFFERSON RIBADENEIRA, PhD.

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

ING. DIEGO VELOZ

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

\_\_\_\_\_

Yo, Erika Paulina Zúñiga Núñez soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este trabajo de titulación y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Erika Paulina Zúñiga Núñez

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo que es el cierre de un gran ciclo de mi vida y es la puerta para el inicio de una vida profesional va dedicado principalmente para dos grandes mujeres, que son mi madre Mirian que con arduo trabajo y sacrificio me ayudo para que pueda cumplir esta gran meta demostrándome que nunca hay que decaer o rendirse por adversidades presentadas en la vida y mi hermana Gaby que me enseñó que con esfuerzo y dedicación puedo alcanzar muchas cosas.

A Milton que para mí es un gran papá que siempre se ha preocupado por mi formación como persona y como profesional demostrándome que siempre puedo contar con él.

A mis dos viejitas Sambita y Mimí.

Y finalmente a las personas que en mi vida universitaria siempre me han ayudado y me brindaron su amistad y cariño.

Erika Paulina Zúñiga Núñez

## **AGRADECIMIENTO**

Le agradezco primero a Dios y a la Virgen que siempre me cuidan y me llenan de bendiciones en el día a día.

A mi madre y hermana personas fundamentales en mi vida, que son mi fortaleza, son quienes me enseñaron a ser una mujer fuerte e independiente, gracias por toda la paciencia, apoyo y amor.

A mi tío Milton que sin importar la distancia siempre me acompaña en cada paso que doy en la vida.

Agradezco a cada una de las personas que hicieron de una ciudad ajena un hogar cálido para mí en el transcurso de mi carrera, dándome apoyo, preocupándose por mi desempeño estudiantil, y brindándome ayuda siempre que lo necesitaba, gracias por ser mi familia.

Y a todos mis ingenieros que con sus conocimientos son parte fundamental para desarrollarnos como profesionales.

Erika Paulina Zúñiga Núñez

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1

## CAPITULO I

1	MARCO TEÓRICO.....	5
1.1	ISDB-Tb.....	5
1.1.1	<i>Antecedentes</i> .....	5
1.1.1.1	<i>Introducción de la Televisión en el Ecuador</i> .....	5
1.1.1.2	<i>Televisión Analógica</i> .....	5
1.1.1.2.1	<i>Métodos de Transmisión</i> .....	6
1.1.1.2.2	<i>Normas de Televisión Analógica</i> .....	6
1.1.1.3	<i>Televisión Digital Terrestre (TDT)</i> .....	8
1.1.2	<i>Principios básicos de la TDT</i> .....	8
1.1.3	<i>Estándares de la Televisión Digital Terrestre</i> .....	9
1.1.3.1	<i>ATSC (Advanced Television Systems Committe)</i> .....	9
1.1.3.2	<i>DVB-T (Digital Video Broadcasting Terrestrial)</i> .....	10
1.1.3.3	<i>DTMB (Digital Territorial Multimedia Broadcasting)</i> .....	10
1.1.3.4	<i>ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting)</i> .....	11
1.1.4	<i>Características de ISDB-Tb</i> .....	12
1.1.5	<i>Modulación OFDM (Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales)</i> ...	12
1.1.6	<i>Estructura de ISDB-Tb</i> .....	13
1.1.7	<i>Ortogonalidad</i> .....	14
1.1.7.1	<i>Intervalo de guarda</i> .....	15
1.1.8	<i>Señalización, Sincronización y Estimación de Canal</i> .....	18
1.1.9	<i>Transmisión Jerárquica y Recepción Parcial</i> .....	19
1.1.10	<i>Parámetros de Transmisión</i> .....	20

1.1.11	<b>Comparación con otros estándares de televisión digital</b>	23
1.1.12	<b>Ventajas y Desventajas</b>	23
1.1.12.1	<i>Ventajas</i>	23
1.1.12.2	<i>Desventajas</i>	24
1.2	<b>ISDB-Tb en Ecuador</b>	25
1.2.1	<b>Introducción</b>	25
1.2.2	<b>Entidades de regulación y control del Ecuador</b>	25
1.2.2.1	<i>Adopción del Estándar ISDB-Tb en Ecuador</i>	27
1.2.2.2	<i>MINTEL lidera el proceso de TDT</i>	27
1.2.2.3	<i>Creación del CITDT y aprobación de propuesta</i>	28
1.2.2.4	<i>Plan Maestro para la transición a la Televisión Digital Terrestre</i>	28
1.2.3	<b>Equipamiento para ISDB-Tb</b>	31
1.2.4	<b>Características y Funcionamiento de los Equipos</b>	32
1.2.4.1	<i>Equipamiento de Planta</i>	32
1.2.4.2	<i>Sistema de Transmisión</i>	35
1.2.5	<b>Calculo de la Inversión</b>	35
1.2.6	<b>Transmisión y Recepción en ISDB-Tb</b>	37
1.2.6.1	<i>Transmisión</i>	37
1.2.6.2	<i>Recepción</i>	38
1.2.7	<b>Funcionamiento</b>	38
1.2.7.1	<i>Estación Televisiva:</i>	38
1.2.7.2	<i>Transmisión</i>	39
1.2.7.3	<i>Recepción</i>	39
 <b>CAPÍTULO II</b>		
2	<b>MARCO METODOLÓGICO</b>	40
2.1	<b>Introducción</b>	40
2.2	<b>Unimax Tv</b>	40
2.2.1	<b>Características Técnica de Unimax</b>	41



2.3	<b>Parámetros de la red del Canal Unimax.....</b>	42
2.3.1	<i>Transmisor del Enlace .....</i>	43
2.3.2	<i>Receptor del Enlace .....</i>	43
2.3.3	<i>Cable Coaxial.....</i>	44
2.3.4	<i>Frecuencia .....</i>	44
2.4	<b>Requerimientos de una red TDT para Unimax Tv.....</b>	45
2.4.1	<i>Estructura Técnica Interna .....</i>	45
2.4.1.1	<i>Transmisor ETLU4G01 .....</i>	46
2.4.1.2	<i>Single Channel H.264 - Encoder.....</i>	47
2.4.1.3	<i>Multiplexor .....</i>	47
2.4.1.4	<i>Amplificador.....</i>	48
2.4.1.5	<i>Diseño de la caseta.....</i>	49
 <b>CAPÍTULO III</b>		
3	<b>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.....</b>	51
3.1	<b>Estructura Técnica Externa.....</b>	51
3.1.1	<i>Torre Autosoportada.....</i>	51
3.1.2	<i>Pararrayos.....</i>	52
3.1.3	<i>Sistema de tierra: .....</i>	53
3.1.4	<i>Sistemas Irradiantes .....</i>	53
3.1.5	<i>Antena de Transmisión.....</i>	54
3.1.6	<i>Línea de transmisión .....</i>	54
3.1.7	<i>Seguridad e Instalación .....</i>	55
3.1.8	<i>Energía eléctrica:.....</i>	55
3.1.9	<i>Mantenimiento:.....</i>	55
3.2	<b>Presupuesto directo de implementación .....</b>	55
3.3	<b>Estudio de Cobertura .....</b>	57
3.3.1	<i>Parámetros Topográficos .....</i>	57
3.3.2	<i>Ganancia del Sistema Radiante .....</i>	58

3.3.3	<b>Área de Cobertura</b> .....	59
3.3.3.1	<i>Intensidad de campo para el área de cobertura</i> .....	60
3.3.4	<b>Calculo del enlace</b> .....	64
3.3.4.1	<i>Cálculo de Propagación:</i> .....	65
3.3.4.2	<i>Cobertura</i> .....	65
3.4	<b>Implementación, Pruebas y Resultados</b> .....	67
3.4.1	<i>Pruebas de laboratorio</i> .....	67
3.4.2	<i>Implementación</i> .....	70
3.4.3	<i>Resultados</i> .....	74
<b>CONCLUSIONES</b> .....		79
<b>RECOMENDACIONES</b> .....		81
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1</b> Parámetros básicos de la norma NTSC.....	6
<b>Tabla 2-1</b> Parámetros básicos de PAL .....	7
<b>Tabla 3-1</b> Parámetros básicos de SECAM .....	7
<b>Tabla 4-1</b> Estándares de Televisión Digital .....	9
<b>Tabla 5-1</b> Parámetros básicos de transmisión .....	20
<b>Tabla 6-1</b> Tasa de bits de un solo segmento.....	21
<b>Tabla 7-1</b> Tasa total de bits .....	22
<b>Tabla 8-1</b> Configuración dependiendo de la modalidad para la transmisión .....	22
<b>Tabla 9-1</b> Comparación con otros estándares de televisión digital .....	23
<b>Tabla 10-1</b> Cronograma para el Apagón Analógico .....	31
<b>Tabla 11-1</b> Inversión para la digitalización modelo Canal Regional .....	36
<b>Tabla 1-2</b> Parámetros técnicos .....	42
<b>Tabla 2-2</b> Parámetros topográficos .....	42
<b>Tabla 3-2</b> Parámetros del equipo transmisor analógico .....	43
<b>Tabla 4-2</b> Parámetros de la antena de transmisión.....	43
<b>Tabla 5-2</b> Equipo Receptor .....	43
<b>Tabla 6-2</b> Parámetros de la Antena de Recepción.....	44
<b>Tabla 7-2</b> Parámetros del cable coaxial.....	44
<b>Tabla 8-2</b> Características técnicas .....	48
<b>Tabla 9-2</b> Parámetros de entrada:.....	48
<b>Tabla 10-2</b> Parámetros de salida .....	49
<b>Tabla 1-3</b> Características de la Torre Autosoportada.....	52
<b>Tabla 2-2</b> Característica de Pararrayos.....	52
<b>Tabla 3-3</b> Características del Cable.....	54
<b>Tabla 4-3</b> Característica de luz de baliza .....	55
<b>Tabla 5-3</b> Equipamiento Estudio.....	56
<b>Tabla 6-3</b> Equipamiento Cerro.....	56
<b>Tabla 7-3</b> Materiales .....	56
<b>Tabla 8-3</b> Presupuesto Equipamiento HD.....	57
<b>Tabla 9-3</b> Parámetros Topográficos .....	58
<b>Tabla 10-3</b> Calculo de la altura media .....	59
<b>Tabla 11-3</b> Cálculo de la altura de la antena .....	60
<b>Tabla 12-3</b> Intensidad de campo para 1KW de PER.....	61
<b>Tabla 13-3</b> Calculo del factor de corrección .....	62

<b>Tabla 14-3</b> Calculo de delta h .....	62
<b>Tabla 15-3</b> Factor de corrección de la atenuación.....	63
<b>Tabla 16-3</b> Intensidad de campo .....	63
<b>Tabla 17-3</b> Predicción del área de cobertura en Km .....	64
<b>Tabla 18-3</b> Configuración de parámetros de transmisor en Capa A .....	73

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1</b>	Sistemas de Televisión Digital Terrestre.....	11
<b>Figura 2-1</b>	Diagrama de bloque en la etapa de modulación OFDM .....	13
<b>Figura 3-1</b>	Estructura en capas del sistema SDB-Tb .....	13
<b>Figura 4-1</b>	Sistema FDM de portadoras ortogonales .....	14
<b>Figura 5-1</b>	Ortogonalidad de la portadora.....	15
<b>Figura 6-1</b>	Inserción del intervalo de guarda .....	16
<b>Figura 7-1</b>	Señales reflejadas y directas hacia el receptor .....	17
<b>Figura 8-1</b>	Distribución de bits contiguos entre portadoras distantes .....	18
<b>Figura 9-1</b>	Transmisión jerárquica de tres capas.....	19
<b>Figura 10-1</b>	Ejemplo de una transmisión jerárquica con recepción parcial .....	20
<b>Figura 11-1</b>	Componentes de infraestructura para TDT .....	32
<b>Figura 12-1</b>	Esquema de MFN y SFN .....	37
<b>Figura 13-1</b>	Transmisión de TDT .....	38
<b>Figura 1-2</b>	Red para TDT.....	45
<b>Figura 2-2</b>	Diagrama de bloques del transmisor EuroTel ETLU4G01 .....	46
<b>Figura 3-2</b>	Diagrama de bloques del Modulador .....	47
<b>Figura 4-2</b>	Diseño de la Caseta .....	49
<b>Figura 1-3</b>	Enlace Estudio de Unimax – Cerro Pilishurco .....	51
<b>Figura 2-3</b>	Área de Cobertura .....	58
<b>Figura 3-3</b>	Simulación del Enlace Unimax-Cerro Pilishurco .....	64
<b>Figura 4-3</b>	Enlace Unimax-Cerro Pilishurco.....	65
<b>Figura 5-3</b>	Área de Cobertura Principal y Secundaria .....	66
<b>Figura 6-3</b>	Simulación del área de cobertura .....	66
<b>Figura 7-3</b>	Armada de equipos.....	67
<b>Figura 8-3</b>	Escáner de todas las señales recibidas por el televisor.....	68
<b>Figura 9-3</b>	Recepción del canal 23.....	68
<b>Figura 10-3</b>	Recepción de la señal del generador de barras.....	69
<b>Figura 11-3</b>	Pruebas con cámara del canal.....	69
<b>Figura 12-3</b>	Prueba con entrada HDMI.....	70
<b>Figura 13-3</b>	Caseta y Torre de Tx Unimax, Cerro Pilishurco .....	70
<b>Figura 14-3</b>	Estado inicial del transmisor .....	71
<b>Figura 15-3</b>	Colocación de equipos y alimentación.....	71
<b>Figura 16-3</b>	Conexiones Encoder y Modulador .....	72
<b>Figura 17-3</b>	Monitor con Estándar ISDB-T .....	72

<b>Figura 18-3</b> Recepción del canal 23 de Unimax .....	74
<b>Figura 19-3</b> Escáner finalizado .....	75
<b>Figura 20-3</b> Canal Digital 36.2 de TV Color .....	75
<b>Figura 21-3</b> Canal Digital 23.4 Unimax.....	76
<b>Figura 22-3</b> Zona de sombra-cobertura cerro Pilishurco .....	77

## **RESUMEN**

El objetivo fue implementar un transmisor de Tecnología Digital Terrestre para el canal de televisión Unimax en la Ciudad de Ambato. El equipamiento necesario para la migración contó con los equipos de planta, del sistema de transmisión y recepción, en el sistema de transmisión se utilizó un encoder en donde ingresa la señal de audio y video y es codificada bajo un proceso que mezclan sus señales convirtiendo en una sola señal de salida digitalizada en ASI, señal que ingresa al modulador en donde es recodificada con los parámetros del sistema y procede a ingresar a un amplificador como último proceso en el transmisor. El transmisor se conecta con un cable radio frecuencia (RF) a las antenas para enviar la señal y así transmitir la señal en su área de cobertura en el canal digital 23.4 de señal abierta. Se tuvo como resultado una señal digital con calidad de audio y video muy buena, clara y nítida, con esta implementación el canal Unimax emite simultáneamente la señal analógica y digital. Toda la población que está bajo la cobertura puede receptar la señal si el equipo receptor cumple con la norma ISDB-Tb, caso contrario es necesario un decodificador de señal. El proceso para migrar la señal de un canal a tecnología digital se lleva a cabo en tres fases que dependerán del área de cobertura. Se espera que, con la implementación del transmisor digital, Unimax cumpla con el tiempo límite requerido y pueda integrar servicios como alta definición (HD) y canal virtual; y la adquisición del equipamiento necesario dentro de las instalaciones. Con el desarrollo de este trabajo se evidenció la falta de información acerca del tema, se recomienda a las universidades o a empresas realizar cursos, seminarios o capacitaciones para poder tener un amplio conocimiento acerca de la televisión digital y el sistema ISDB-Tb que adoptó el Ecuador.

**PALABRAS CLAVES:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <TELECOMUNICACIONES>, <TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE (TDT)>, <ISDB-TB>, <CANAL VIRTUAL>, <APAGÓN ANALÓGICO>, <ALTA DEFINICIÓN (HD)>, <RADIOFRECUENCIA (RF)>.

## ABSTRACT

The objective was to implement a Digital Terrestrial Technology transmitter for the Unimax television channel in the city of Ambato. The equipment necessary for the migration counts with the equipment of plant, of the system of transmission and reception, in the transmission system an encoder is used where the audio and video signal is entered and it is codified under a process that mixes its signals turning into a single output signal digitized in ASI, signal that enters to the modulator where it is recoded with the parameters of the system and proceeds to enter to an amplifier as the last process in the transmitter. The transmitter is connected with a radio frequency (FR) cable to the antennas to send the signal and thereby transmit the signal in its coverage area in the digital open signal channel 23.4. It resulted in a digital signal with very good quality of audio and video, clear and sharp, with this implementation the channel Unimax simultaneously emits analogue and digital signal. All the population that is under the coverage could receive the signal if the receiving equipment complies with the standard ISDB-Tb, otherwise a signal decoder is necessary. The process to migrate the signal from a channel to digital technology is carried out in three phases that will depend on the coverage area. It is expected that with the implementation of the Unimax digital transmitter it will comply the required time limit and be able to integrate services such as high definition (HD) and virtual channel; And the acquisition of the necessary equipment inside the facilities. With the development of this work, it showed the lack of information about the subject, it is recommended to universities or companies to carry out courses, seminars or trainings in order to have a broad knowledge about digital television and the ISDB-Tb system adopted by Ecuador.

**KEYWORDS:** <TECHNOLOGY AND SCIENCES OF ENGINEERING>, <TELECOMMUNICATIONS>, <DIGITAL TERRESTRIAL TELEVISION (TDT)>, <INTEGRATED SERVICES DIGITAL BROADCASTING (ISDB-Tb)>, <VIRTUAL CHANNEL>, <ANALOGUE OFF>, <HIGH DEFINITION (HD)>, <RADIOFREQUENCY (RF)>.



## **INTRODUCCIÓN**

### **ANTECEDENTES**

La tecnología avanza con pasos agigantados un claro ejemplo es la televisión que es un sistema para transmisión y recepción de imágenes en movimiento y sonido a distancia. Tiene su inicio desde finales del siglo XIX, es el resultado de muchos descubrimientos, la televisión mecánica fue la primera en incursionar, su creador Jon Baird (Yuste, 2006), y la televisión electrónica por Vladimir Zworykin.

En Ecuador el Gobierno incluye uno de sus proyectos para el plan nacional del buen vivir que es TDT, el 26 de marzo de 2010 adopta el estándar ISDB-Tb, este estándar es la versión brasileña del estándar ISDB-T de Japón, en mayo del 2013 el canal TC televisión inicia sus transmisiones en digital (Ribadeneira, 2015).

El Ecuador toma esta decisión en vista de la demanda de calidad, interactividad y multiservicios que presentan los usuarios con el crecimiento de la tecnología. Actualmente contamos con televisión analógica pero ya no en su totalidad. La idea es finalizar hasta el 2018 con la migración a la tecnología digital terrestre en todo el país, otorgando el servicio de televisión abierta de manera libre y sobre todo gratuita.

Actualmente se emiten Señales de Televisión Digital en Quito, Guayaquil, Cuenca, Latacunga, Santo Domingo, Manta, Portoviejo, y se espera finalizar la migración a tecnología digital en el canal Unimax de la ciudad de Ambato.

### **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Ecuador adopto el estándar ISDB-Tb para la Televisión Digital Terrestre desde el 2010 y desde entonces se está trabajando en la implementación de este sistema en el país, se trata de lograr que todos los canales tengan esta tecnología hasta el 2018 como fecha tentativa, pero hasta que esto ocurra la red analógica y la digital tienen que funcionar de forma simultanea hasta que se cumpla con el tiempo impuesto para el apagón analógico.

De acuerdo con la Comité Institucional Técnico de Introducción de la Televisión Digital Terrestre (CITDT) designado por la ARCOTEL como el organismo coordinador de todo proceso de implementación de la TDT en el país, se deben presentar avances periódicos de la migración de tecnología analógica a digital, por esta razón el canal UNIMAX realizó su primera transmisión presentando problemas con la frecuencia y con los equipos, dejando de transmitir la señal digital en su totalidad.

En este trabajo se detalla una propuesta de implementación de un transmisor de TDT y cumplir con el tiempo máximo para presentar un nuevo avance establecido por el CITDT que será hasta finales del año 2016, si no se realiza la migración a tecnología digital, antes del apagón analógico, el canal deberá cesar su transmisión; esto de acuerdo con el Informe CITDT-GAE-2012-001.

### **SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cuáles son los parámetros de configuración adecuados para la implementación del transmisor?,

¿Cuál es la cobertura de la señal digital actual y proyectada del canal Unimax?

¿Cuáles son las ventajas que presenta la migración de Tecnología Analógica a Tecnología Digital?

### **JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

- JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

La televisión en el Ecuador se basa en un modelo analógico, que se inició como un modelo monocromático, con la aparición de la televisión a color aparecieron a nivel mundial diversos estándares de televisión con el fin de mejorar las necesidades de la población, la transmisión y recepción de televisión analógica se ha utilizado por mucho tiempo a pesar de las limitaciones y

falencias que presentaba, presentando así baja calidad de audio y video de las señales de televisión, efecto nieve sobre la imagen, vulnerabilidad al efecto doppler y limitada oferta televisiva debido a la existencia de pocos canales. En vista de todo esto, Ecuador adopto a la televisión digital terrestre basándose con el estándar ISDB-Tb, este cambio trae muchas ventajas mejorando la calidad de video y audio corrigiendo los errores que presentaba la televisión analógica.

ISDB-Tb ofrece una transmisión jerárquica en capas, mediante técnicas de segmentación del espectro, dando cabida a nuevos servicios como la compatibilidad entre recepción fija y móvil en un solo sistema de transmisión, servicio de HDTV que es la transmisión de la imagen y sonido de alta calidad, servicio multi-programación de SDTV en un ancho de banda de 6MHz de un canal, servicio One-Seg permitiendo que los usuarios tengan una buena recepción sin importar la distancia o velocidad de la transmisión mientras se esté en movimiento, y el servicio de TV interactiva.

- JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

Ecuador debe estar listo para el apagón analógico entre el 31 de diciembre de 2016 hasta el 31 de diciembre de 2018, tiempo en el cual se hará la transferencia progresiva entre las actuales emisiones de TV analógica a la digital. (EL TELÉGRAFO, 2014)

Al migrar la señal de un canal a tecnología digital modificará el espectro radioeléctrico existiendo un notorio ahorro del espectro, al digitalizar señales se aprovechan procesos de multiplexación, codificación, procesamiento de información, encriptación y modulación de la señal de video, audio, datos, el televisor transmitirá imágenes nítidas, con alta definición. Ya se mencionó que el Ecuador adoptó al estándar ISDB-Tb, el mismo que presenta mejor rendimiento en condiciones indoor, tiene mejor rendimiento en condiciones de ruido impulsado y tiene mayor flexibilidad en recepción móvil, soporta formatos en SDTV y HD, capacidad de multiprogramación, utiliza formato MPG-4, el estándar puede trabajar con canales adyacentes y utilizar el mismo ancho de banda de 6MHz, es totalmente compatible con otros servicios de televisión de paga.

Debido a que el canal UNIMAX presentó problemas en su primera transmisión digital y que de acuerdo con el Informe CITDT-GAE-2012-00 si no se realiza el cambio a tecnología digital, antes del apagón analógico, el canal deberá cesar su transmisión, se presenta esta propuesta de

migración analógica a digital, para así cumplir con el plazo establecido hasta finales del año 2016.

Unimax cuenta con el soporte y equipamiento necesario para realizar esta migración, esto servirá como base para el análisis de los aspectos técnicos necesario para proceder a la implementación de la nueva tecnología

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVOS GENERALES**

- Implementar un transmisor de Tecnología Digital Terrestre para el canal de televisión Unimax en la Ciudad de Ambato

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Analizar las características del estándar ISDB-Tb adoptado por Ecuador
- Determinar los requerimientos técnicos para la migración a tecnología digital terrestre en Unimax
- Implementar la nueva tecnología digital terrestre
- Evaluar parámetros de calidad de la señal realizando medidas de campo

## **CAPITULO I:**

### **1 MARCO TEÓRICO**

#### **1.1 ISDB-Tb**

##### ***1.1.1 Antecedentes***

###### ***1.1.1.1 Introducción de la Televisión en el Ecuador***

La televisión en el Ecuador surge en el año 1959, con el retorno de una pareja después de realizar un viaje a Europa, la pareja se interesó por adquirir equipos de televisión y los que llegaron al país para poner a prueba. En 1960 se conoce la primera frecuencia destinada para televisión. El primer canal de televisión del Ecuador es el canal 4 (Red Telesistema), se pone en funcionamiento en la ciudad de Guayaquil, el segundo en funcionar es el canal 6 (Teleamazonas) de la ciudad de Quito. (ALBUJA, 2010)

En 1967 se funda Ecuavisa, en 1969 la Cadena Ecuatorial de Canales de Television bajo el nombre de Telecentro Canal 10 (TC Televisión), en 1974 Teleamazonas transmite fútbol en vivo ya en imágenes a color, en la década del 70 surge Televisora Nacional canal 8 y Gamavision canal 2, con transmisión nacional, en la década del 90 comienzan a aparecer los canales en UHF así mismo empresas brindan servicios de televisión por cable, en el 2004 nace Ecuavisa Internacional siendo el pionero para los demás canales internacionales que posteriormente surgirían. En el 2005 aparece Ecuador Tv (canal del estado).

###### ***1.1.1.2 Televisión Analógica***

El proceso de transmisión en la televisión analógica se basa en enviar imágenes en movimiento junto a sonido que se asocia a dichas imágenes mediante propagación de onda a través de un medio. Las señales de audio y video son captadas por una cámara; ésta las proyecta y convierte en señales eléctricas que se emiten desde el transmisor, el mismo que modula al video en amplitud y al sonido en frecuencia, para finalmente ser transportados a través de un medio hasta

llegar al receptor, en donde se modula la señal. (JORGE LUIS CAJAMARCA ULLAURI, 2013)

#### 1.1.1.2.1 Métodos de Transmisión

La televisión analógica está diseñada para ser transmitida por medio de tres vías:

- Terrestre
- Satelital
- Por cable

La recepción de la señal es posible con una antena convencional, por razón de que es transmitida a través del aire.

#### 1.1.1.2.2 Normas de Televisión Analógica (IRCO)

- **NTSC** (*National Television Standar Commitee*)

NTSC fue desarrollada en Estados Unidos en 1954, siendo así la norma más antigua. Esta norma consiste en 525 líneas horizontales y 60 líneas verticales, utilizando un ancho de banda de 6MHz.

**Tabla 1-1** Parámetros básicos de la norma NTSC

Parámetros Básicos	NTSC M
Línea/Cuadro	525/60
Frecuencia Horizontal	15.734 kHz
Frecuencia Vertical	60 Hz
Subportadora de color	3.579545 MHz
Ando de banda de video	4.2 MHz
Subportadora de audio (FM)	4.5 MHz (FM)
Ancho de banda del canal	6 MHz
Tipo de Modulación	Negativa ( pico de sincronismo en la parte superior )

**Fuente:** IRCO, [www.electronicajoan.com/irco/manual/APTEC-TVStandards\\_ESP.pdf](http://www.electronicajoan.com/irco/manual/APTEC-TVStandards_ESP.pdf)

NTSC fue adoptado por el Ecuador al igual que toda América y Japón y se ha mantenido con este estándar incluso cuando se dio el cambio de blanco y negro a televisión a color. (RONALD GONZÁLEZ)

- **PAL** (*Phasse Alternation Line*)

En agosto de 1967 se aplicó por primera vez el sistema PAL, eliminando la distorsión del sistema NTSC y sus detractores, debido a la complejidad del circuito lo calificaron como Pay A Lot. Tiene distintos anchos de banda y subportadoras de audio.

**Tabla 2-1** Parámetros básicos de PAL

Parámetros Básicos	PAL B-G-H	PAL I	PAL D	PAL N	PAL M
Línea/Cuadro	625/50	625/50	625/50	625/50	525/60
Frecuencia Horizontal	15.625 kHz	15.625 kHz	15.625 kHz	15.625 kHz	15.734 kHz
Frecuencia Vertical	50 Hz	50 Hz	50 Hz	50 Hz	60 Hz
Subportadora de color	4.433618 MHz	4.433618 MHz	4.433618 MHz	3.582056 MHz	3.575611 MHz
Ancho de banda de video	5.0 MHz	5.5 MHz.	6.0 MHz	4.2 MHz	4.2 MHz
Subportadora de audio	5.5 MHz (FM)	6.0 MHz (FM)	6.5 MHz (FM)	4.5 MHz (FM)	4.5 MHz (FM)
Ancho de banda del canal	8 MHz, excepto en PAL B que ocupa 7 MHz y PAL M y N que ocupan 6 MHz				
Tipo de Modulación	Negativa ( pico de sincronismo en la parte superior )				

**Fuente:** IRCO, [www.electronicajoan.com/irco/manual/APTEC-TVStandards\\_ESP.pdf](http://www.electronicajoan.com/irco/manual/APTEC-TVStandards_ESP.pdf)

- **SECAM** (*Système Électronique pour Couleaur aver Mémoire*)

Se utilizó por primera vez en 1967, desarrollado en Francia, se utilizan diferentes variables del Sistema, con distintos anchos de banda y subportadoras de audio.

**Tabla 2-1** Parámetros básicos de SECAM

Parámetros Básicos	SECAM B-G-H	SECAM D-K-K1-L
Línea/Cuadro	625/50	625/50
Frecuencia Horizontal	15.625 kHz.	15.625 kHz.
Frecuencia Vertical	50 Hz.	50 Hz.
Ancho de banda de video	5.0 MHz	6.0 MHz.
Subportadora de audio	5.5 MHz (FM)	6.5 MHz (FM) excepto SECAM L (AM)
Ancho de banda del canal	8 MHz	
Tipo de Modulación	Negativa ( pico de sincronismo en la parte superior ), excepto en SECAM L, en que es positiva.	

**Fuente:** IRCO, [www.electronicajoan.com/irco/manual/APTEC-TVStandards\\_ESP.pdf](http://www.electronicajoan.com/irco/manual/APTEC-TVStandards_ESP.pdf)

### *1.1.1.3 Televisión Digital Terrestre (TDT)*

El desarrollo tecnológico tiene una evolución sorprendente en los últimos años, y ha generado un gran avance en las telecomunicaciones. La población empezará a demandar mejor calidad, movilidad, e interactividad que la digitalización de la señal nos ofrece.

El Ecuador no se queda atrás con esta evolución y en el INFORME CITDT-GAE-2012-001 nos informa que se llevará a cabo el apagón analógico, este es el cese de emisiones con tecnología analógica en forma progresiva. (CITDT, 2012)

### *1.1.2 Principios básicos de la TDT*

En el mundo digital los parámetros se representan por números, en un sistema de base dos, usando únicamente los dígitos “1” y “0” (TEJEDOR). La digitalización de una señal analógica es realizada por el conversor analógico/digital, la representación numérica de bits permite que la señal sea sometida a procesos muy complejos, sin degradar la calidad. La señal de televisión digital ofrecida por el conversor contiene una gran cantidad de bits que no son visibles al ser transportados y almacenados con un mínimo de recursos.

La televisión digital terrestre conserva las bandas de frecuencia UHF (entre 300 y 3000MHz) y VHF (entre 30 y 300MHz) que se utilizaban en la televisión analógica, por lo tanto, la televisión digital terrestre es la combinación de la televisión digital con la transmisión terrestre que se emiten por los canales de transmisión de la televisión analógica convencional (BYRON GERMÁN MORENO QUINCHE, 2011). En la TDT existe la optimización del espectro radioeléctrico en cual se divide en canales de frecuencia o canales múltiples.

#### **Características**

- Mayor aprovechamiento del ancho de banda.
- Calidad en la resolución de imagen y audio.
- Interactividad con el usuario, compartiendo información asociadas al contenido audiovisual.
- Optimización del espectro radioeléctrico, el cual se divide en canales de frecuencia o canales múltiples.
- Mejora significativa en la calidad técnica.



- Mayor cantidad de canales de televisión
- Recepción portátil y móvil
- Menor potencia de emisión

### 1.1.3 Estándares de la Televisión Digital Terrestre

Existen diversos estándares de televisión digital tras años de investigación y desarrollo de los países involucrados con la TDT. Se conocen 4 estándares a nivel mundial como se muestra en la tala 4-1, los estándares son importantes para el diseño, planificación, desarrollo e implementación de la Televisión Digital Terrestre.

**Tabla 4-1** Estándares de Televisión Digital

ESTÁNDAR		PAÍS
ATSC	Advance Television System Committe	EE. UU
DVB-T	Digital Video Broadcasting-Terrestrial	EUROPA
ISDB-T	Integrated Service Digital Broadcasting-Terrestrial	JAPON
DTMB	Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting	CHINA

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

#### 1.1.3.1 ATSC (Advanced Television Systems Committe)

Es un estándar norteamericano creado por la organización ATSC (*Advanced Television Systems Committe*), organización que fue fundada en 1982 en Estados Unidos. Este estándar se creó con la finalidad de brindar soluciones para la televisión abierta de ese país, después fue adoptada por algunos países de América central como México, Honduras y el Salvador. (JORGE LUIS CAJAMARCA ULLAURI, 2013)

#### Características

- Diseñado para anchos de banda de 6MHz
- Emplea una modulación 8-VSB (*Banda Lateral Vestigial*), la cual se basa en la modulación 8-QAM, y 64-QAM, con una codificación de Trellis (DATAVIDEO, 2013)

- No utiliza modulación COFDM
- Tiene una capacidad de 19Mbps
- Los estándares derivados son: ATSC (cable), ATSC 2.0, ATSC 3.0, ATSC M/H (móvil)

#### *1.1.3.2 DVB-T (Digital Video Broadcasting Terrestrial)*

Estándar de la Unión Europea lanzada en 1998, diseñada para canales de 8MHz, utiliza codificación de video MPEG-2. (VALERIA NATALIA NIETO RUIZ, 2012) Aparecen nuevos servicios de TV, alta definición HDTV.

DVB-T2 es la extensión del estándar DVB-T con mejor rendimiento, ofreciendo el servicio de tres dimensiones TV 3D.

#### **Características**

- Utiliza los tipos de modulación QAM, 16QAM, y 64QAM para la detección y corrección de errores.
- Presenta robustez con respecto al ruido y al multitrayecto
- Transmisión flexible
- Su tamaño de FFT es de 2k y 8k

#### *1.1.3.3 DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting)*

Estándar creado por la República Popular China, originalmente se lo llamó DMB-T/H (*Digital Multimedia Broadcast-Terrestrial/Handheld*). DTMB es la fusión de varias tecnologías. (ALBUJA, 2010)

#### **Características**

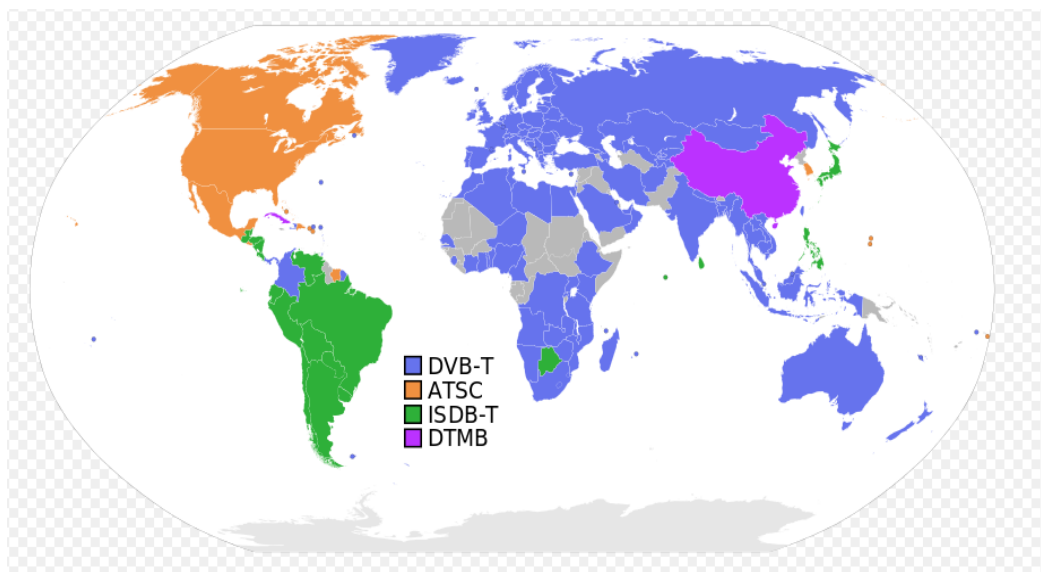
- Modulación OFDM
- Incorpora técnicas de compresión, para video MPEG-4, para audio MPEG-4
- Tiene capacidad de hasta 32.486 Mbit/s
- Incorpora portabilidad
- Permite transmitir datos y proporciona conexión a internet

#### 1.1.3.4 ISDB-T (Integrated Services Digital Broadcasting)

Es un estándar relativamente nuevo en comparación de los estándares americanos y europeos, este sistema surge en Japón debido a que necesitaban fusionar un servicio de televisión digital estándar con uno de alta definición. (JAVIER, 2013)

##### Características

- Modulación que emplea es OFDM que lo hace robusto
- Está compuesto por 13 segmentos OFDM
- Es flexible
- Tiene un ancho de banda de 6MHz
- Da inicio al estándar ISDB-Tb que es una versión brasileña



**Figura 1-1** Sistemas de Televisión Digital Terrestre

Fuente: (WIKIPEDIA, 2016)

En la figura 1-1 se observa la distribución de los 4 estándares existentes a nivel mundial, el estándar DVB-T alcanza mayor adaptación en Europa, África y en América Latina está en Panamá y Colombia. El estándar ATSC opera en su totalidad en América del Norte y Honduras que está situado en América Central. En América del sur con excepción de algunos países utilizan el estándar ISDB-T, Japón y Filipinas cuentan también con este estándar, y finalmente se ve que DTMB es utilizado en China, Hong Kong y Macao.

#### ***1.1.4 Características de ISDB-Tb***

Estándar de televisión digital terrestre internacional, desarrollado en Brasil, e implementado en varios países.

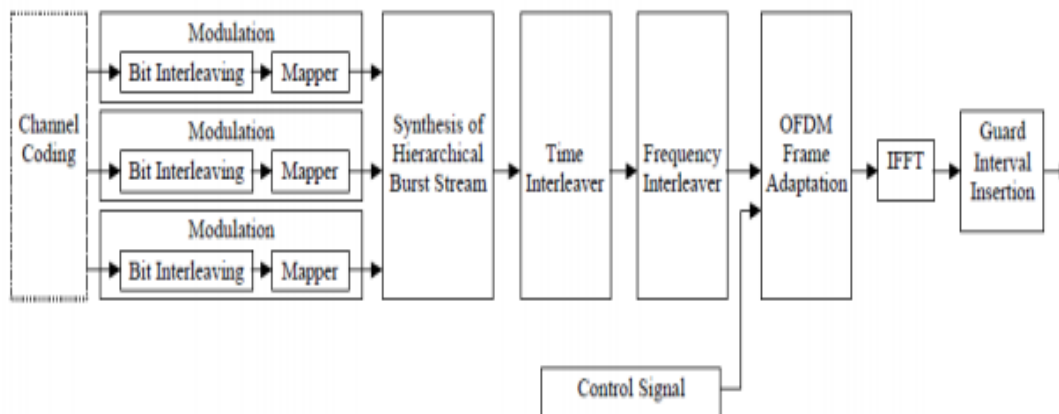
En el estándar ISDB-Tb se encuentran características importantes:

- Interactividad
- Movilidad y portabilidad
- Cobertura en todo el país
- Utiliza formato MPEG-4
- Canales con anchos de banda de (6-7-8) MHz
- Soporta formatos SDTV y HD
- Completa tres modos de operación FFT (2K-4K-8K)
- El esquema de modulación empleado es OFDM-BST
- Transmisión jerárquica en capas
- Modulación OFDM

#### ***1.1.5 Modulación OFDM (Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales)***

Transmite un grupo de señales portadoras desfasadas  $90^\circ$ , cada una de estas portadoras transportan información que se encuentran moduladas en QAM o PSK. La modulación OFDM divide al canal en 13 segmentos cada uno de 428.5KHz.

OFDM ofrece robustez, evitando así la distorsión de multicorrido, la robustez proviene a utilización de símbolos de corta duración ocupando banda estrecha, asociada a la banda de guarda, también la modulación OFDM opera en el esquema SFN (Red de Frecuencia Única).



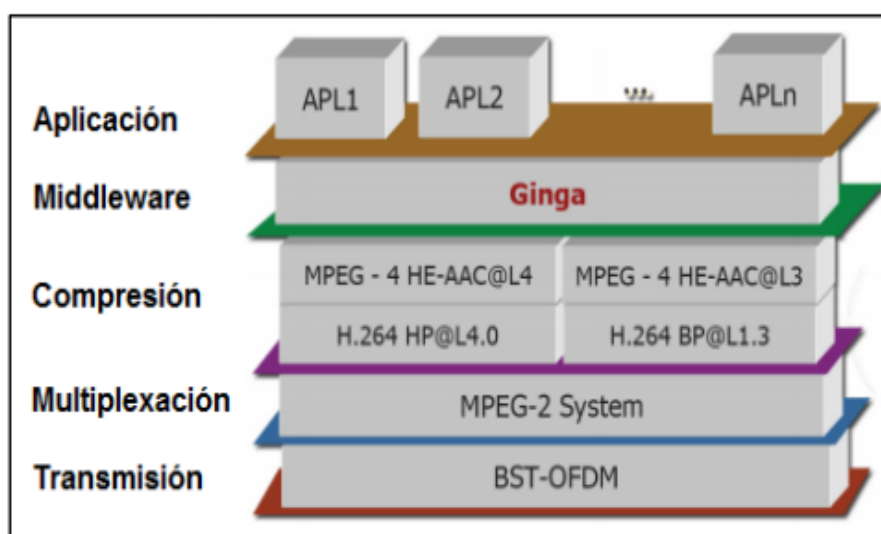
**Figura 2-1** Diagrama de bloque en la etapa de modulación OFDM

Fuente: (MUELA)

La modulación de la portadora se realiza por bloques que reciben los TSP codificados desde el Inner Coder para generar la señal definitiva OFDM como se muestra en la figura 2-1, teniendo como parte importante el inicio en donde se elige la modulación, obteniendo un bitrate mayor o menor

#### 1.1.6 Estructura de ISDB-Tb (CUJI RODRÍGUEZ JULIO ENRIQUE, 2014)

La transmisión, modulación, multiplexación, compresión, y canal de interactividad son aspectos que se organizan en capas.



**Figura 3-1** Estructura en capas del sistema SDB-Tb

Fuente: Sistema Brasileiro de TV Digital

- **Transmisión:** transmite información digital de la estación de televisión hasta los usuarios.
- **Multiplexación:** Genera un único flujo de datos, el cual contiene información de video, audio y las aplicaciones interactivas de los programas que serán transmitidos.
- **Compresión:** Elimina redundancia en las señales de video, audio, es decir consigue una disminución de los bits necesarios para transmitir estas señales.
- **Middleware:** Capa de software intermediario, entre hardware y el sistema operativo, encargado de integrar todas las capas inferiores de la estructura del estándar, el Ginga permite que las aplicaciones generadas por las estaciones sean compatibles con las plataformas y los receptores.
- **Aplicación:** Captura las señales de audio, video y las aplicaciones interactivas para luego ejecutarlas en los receptores o conocidos como Set.Top Box.

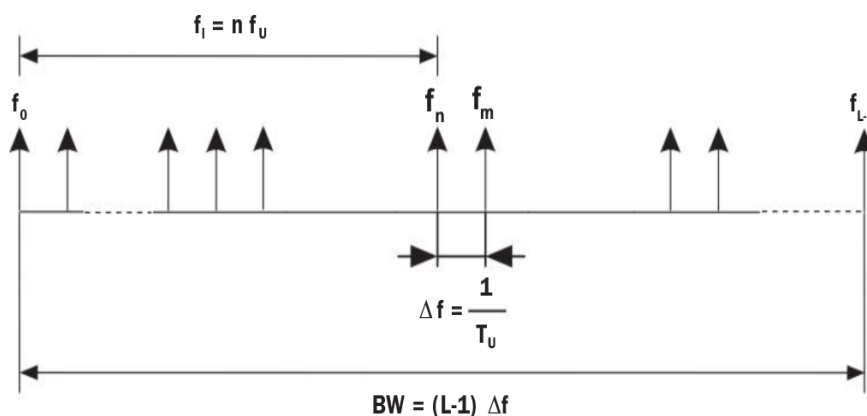
### 1.1.7 Ortogonalidad

La Ortogonalidad entre dos señales existe cuando la integral de su producto en un periodo completo es nula.

$$\int_0^T S_n(t) * S_m(t) dt = 0$$

Dos o más portadoras serán ortogonales entre sí, cuando la separación en frecuencia es múltiplo entero de la inversa del periodo de la frecuencia nula del sistema, y se cumple la siguiente formula.

$$\Delta f = \frac{1}{T_u}$$



**Figura 4-1** Sistema FDM de portadoras ortogonales

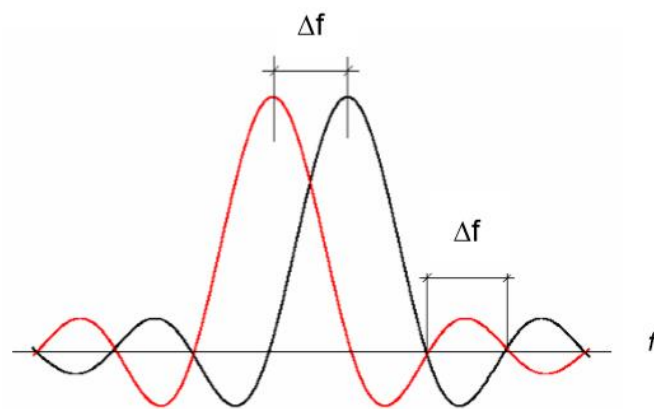
Fuente: (Néstor Oscar Pesciotta, 2013)

Si el sistema tiene múltiples portadoras como en la figura 4-1 cada frecuencia se obtiene de la siguiente manera:

$$f_i = if_U = i \frac{1}{T_U} \quad \text{cuando,} \quad 0 \leq i \leq L - 1$$

Para evitar la interferencia entre portadoras (ICI) dentro de cada símbolo OFDM se mantiene una separación de frecuencia, así la ortogonalidad se cumple cuando la separación de las portadoras es igual a la inversa del tiempo que dura el símbolo, obteniendo como resultado un alineamiento perfecto y espaciado de las portadoras.

En la figura 5-1 se ve el resultado de ortogonalidad que cumplen las portadoras. La máxima amplitud de la curva corresponde a la frecuencia central de la portadora determinada y los cruces por cero demuestra las portadoras restantes con el valor nulo sin interferirse entre ellas.

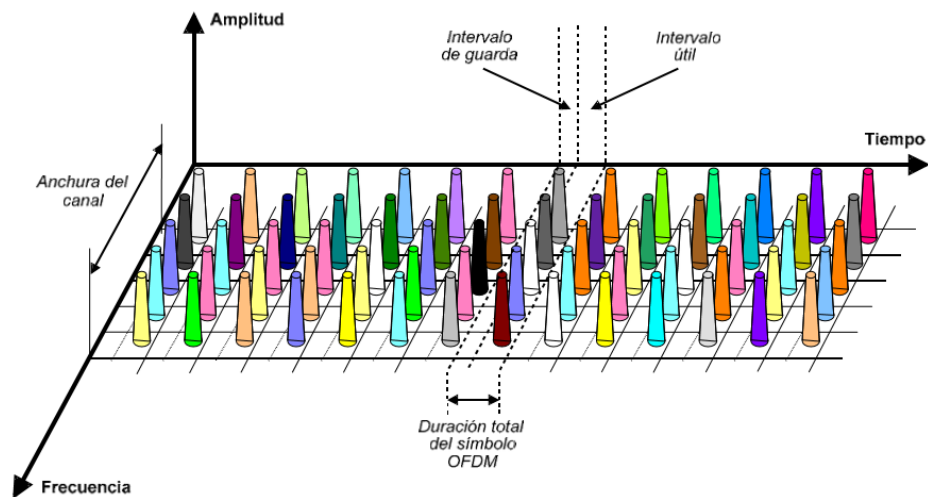


**Figura 5-1** Ortogonalidad de la portadora  
Fuente: (PISCIOTTA, Sistemas ISDB-Tb (primera parte), 2010)

La ortogonalidad elimina o reduce el problema ocasionado de la interferencia por multitrayectoria, ampliando la duración del tiempo del símbolo, adicionando un tiempo de guarda siendo este mayor o igual al tiempo máximo de retardo de las señales multitrayectoria.

#### 1.1.7.1 Intervalo de guarda

El intervalo de guarda es una continuación cíclica de la parte útil del símbolo insertado delante de él, ver figura 6-1, si se recibe la señal por dos caminos diferentes con un retardo relativo entre ellas que no supere el intervalo de guarda coincidirá en las dos la información contenida dentro del tiempo útil del símbolo de la señal principal. (LUZ, 2015)



**Figura 3-1** Inserción del intervalo de guarda  
Fuente: (FARIA, 2000)

El tiempo  $\Delta$  del intervalo de guarda se mide en fracciones de la duración del tiempo útil  $T_U$  del símbolo en los siguientes valores:

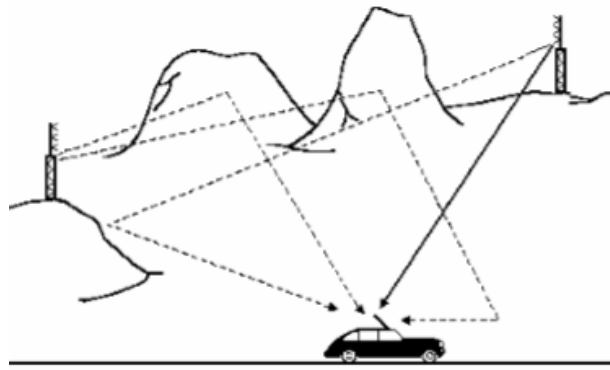
$$\frac{\Delta}{T_U} = \frac{1}{4}, \frac{1}{8}, \frac{1}{16}, \frac{1}{32}$$

Una de las ventajas del intervalo de guarda es que mitiga el problema de las reflexiones, las que pueden ser generadas por un rebote o causada por otra antena.

### TIEMPO DE RETARDO

En la figura 7-1 se observa las señales directas y reflejadas de dos transmisores que radian la misma señal hacia el receptor, siendo una red de frecuencia única (SFN). Se observa que el retardo de tiempo de las señales reflejadas a comparación con las señales directas depende de la distancia recorrida de cada una hacia el receptor.





**Figura 7-1** Señales reflejadas y directas hacia el receptor  
**Fuente:** (PISCIOTTA, Sistema ISDB-Tb (Primera parte), 2010)

Conociendo que la velocidad de propagación es igual a la velocidad de la luz ( $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ), se puede calcular el tiempo de retardo  $t_r$  de la siguiente manera.

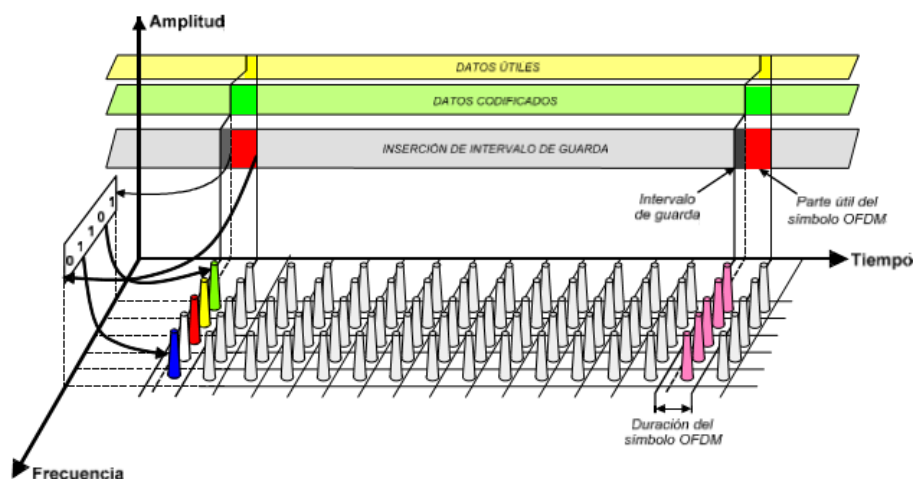
$$t_r = \frac{d}{c}$$

En donde:  $d$  = Distancia recorrida por la señal reflejada [km]

$c$  = Velocidad de la luz [km/s]

### ENTRELAZADO DE FRECUENCIA Y TEMPORAL

El entrelazado de frecuencia aporta robustez contra los desvanecimientos rápidos del canal, el proceso del entrelazado de frecuencia es distribuir los bits de datos que están adyacentes con las portadoras distantes, ver Figura 8-1, y con un algoritmo de entrelazado de frecuencia permite disminuir efectos provocados por códigos de protección que generan secuencias de bits errados y así fortalece la modulación.



**Figura 1-4** Distribución de bits contiguos entre portadoras distantes  
Fuente: (PISCIOTTA, Sistemas ISDB-Tb (primera parte), 2010)

El entrelazado temporal aporta robustez contra el efecto doppler y el desvanecimiento prolongado del canal, es muy útil en recepción móvil debido a que es el tipo de recepción afectado por el efecto doppler. El entrelazado temporal más el entrelazado de frecuencia permiten distribuir sucesiones contiguas de bits entre símbolos OFDM que están separados en el tiempo.

### 1.1.8 Señalización, Sincronización y Estimación de Canal

#### Señalización:

Reconoce en recepción que parámetros se utilizan para la transmisión de la señal, constituye la primera información que el receptor captura para programar el proceso de demodulación, y son dispersas en tiempo y frecuencias sobre portadoras piloto.

#### Sincronización:

Durante el periodo del intervalo de guarda la señal recibida es ignorada, seleccionando al mismo tiempo la frecuencia y la ventana para la FFT.

#### Estimación de canal:

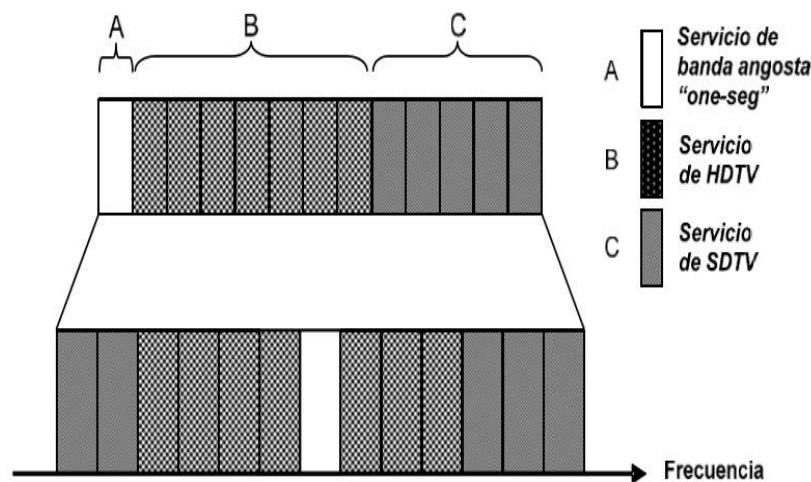
Estima el canal mediante la comparación de los pilotos recibidos y los que se debieron haber transmitido, eliminando así dentro de lo posible cualquier comportamiento de ruido o interferencia.

### 1.1.9 Transmisión Jerárquica y Recepción Parcial

La transmisión jerárquica consiste en asignar a cada ID del servicio los parámetros de transmisor. En ISDB-Tb la información a transmitir es organizada en tres capas jerárquicas:

- A (Servicio de banda angosta “one seg”)
- B (Servicio de HDTV)
- C (Servicio de SDTV)

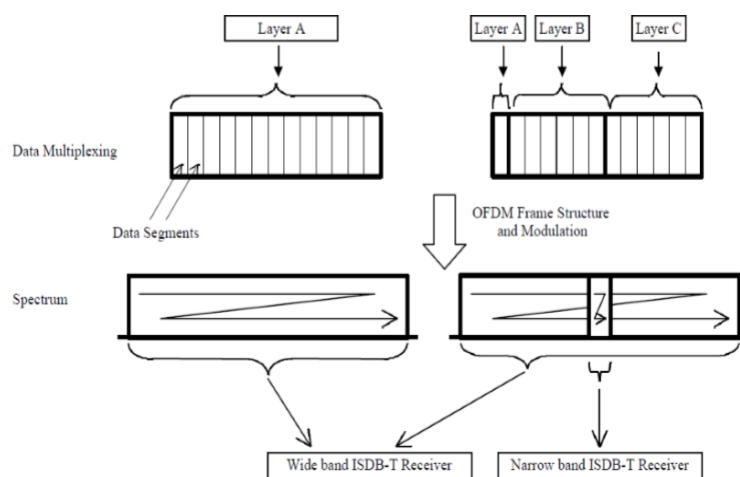
Cada canal se divide en 13 segmentos, convirtiéndose en un sistema de banda segmentada, el ancho de banda se divide en las tres capas, las cuales están conformadas por 1 o más segmentos OFDM. Las señales de HDTV y SDTV ocupan 12 segmentos y en la capa A su único segmento puede ser utilizado para recepción parcial One-Seg. Apuntando principalmente a ofrecer servicio de LDTV a teléfonos móviles y otros dispositivos con pantallas de tamaño reducido. Ver figura 9-1.



**Figura 9-1** Transmisión jerárquica de tres capas  
Fuente: (PISCIOTTA, 2010)

Cada capa jerárquica puede definir su ModCod independiente, sus segmentos obtienen métodos de auto protección contra errores y tipo de modulación. A su vez pueden ser configurados por el radiodifusor, especificando parámetros como esquema de modulación de portadoras, codificación interna y entrelazado de tiempo.

Este sistema aprovecha el espectro de frecuencia, reduce la infraestructura de transmisión ya que permite utilizar un solo transmisor para servicios fijos, móviles y portables. En la figura 10-1 se asigna a cada segmento un servicio diferente organizándose para enviar su señal a través del canal realizando así el entrelazado entre segmentos.



**Figura 10-1** Ejemplo de una transmisión jerárquica con recepción parcial  
Fuente: (MUELA)

#### 1.1.10 Parámetros de Transmisión

**Tabla 3-1** Parámetros básicos de transmisión

Modo	Modo 1	Modo 2	Modo 3
<b>Numero de Segmento</b>	13		
<b>Ancho de Banda [KHz]</b>	5575	5573	5572
<b>Intervalo de Portadora <math>\Delta f</math> [KHz]</b>	3.968	1.984	0.992
<b>Numero de Portadora</b>	1405	2809	5617
<b>Tipo de Modulación</b>	DQPSK	QPSK	16QAM 64QAM
<b>Símbolo/Cuadro</b>	204		
<b>Duración de Símbolo Efectivo [μSeg]</b>	252	504	100800
<b>Relación IG (Intervalo de Guarda)</b>	1/4	1/8	1/16 1/32
<b>Código Interno</b>	Código de Convolución (1/2 2/3 3/4 5/6 7/8)		
<b>Código Externo</b>	RS (204, 188)		
<b>Razón de Transferencia de Símbolos [Mbps]</b>	3.651 ~ 23.234		
<b>Ancho de Banda del Canal</b>	6 MHz		
<b>Ancho de Banda de la emisión</b>	5.7 MHz		
<b>Estabilidad de Frecuencia y Desvío de Frecuencia de Transmisión Admisible</b>	Menor que $\pm 1$ Hz		
<b>Desplazamiento de la frecuencia Central de la Portadora</b>	1/7 MHz (142,857 kHz)		
<b>Codificación de Video</b>	MPEG-4 AVC/ H.264		
<b>Codificación de Audio</b>	MPEG-4 AAC		
<b>Codificación de Datos</b>	GINGA		

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

Fuente: (CONATEL, Resolución NRXXX / 16, 2016)

La tabla 5-1 representa los parámetros para los modos 1,2 y 3

**Tabla 6-1** Tasa de bits de un solo segmento

Modulación de la portadora	Código convolucional	Número de TSP transmitidos por cuadro	Tasa de datos <sup>a</sup> kbps			
			Intervalo de guarda 1/4	Intervalo de guarda 1/8	Intervalo de guarda 1/16	Intervalo de guarda 1/32
DQPSK	1/2	12/24/48	280,85	312,06	330,42	340,43
	2/3	16/32/64	374,47	416,08	440,56	453,91
	3/4	18/36/72	421,28	468,09	495,63	510,65
QPSK	5/6	20/40/80	468,09	520,10	550,70	567,39
	7/8	21/42/84	491,50	546,11	578,23	595,76
16QAM	1/2	24/48/96	561,71	624,13	660,84	680,87
	2/3	32/64/128	748,95	832,17	881,12	907,82
	3/4	36/72/144	842,57	936,19	991,26	1021,30
	5/6	40/80/160	936,19	1 040,21	1 101,40	1 134,78
	7/8	42/84/1 68	983,00	1 092,22	1 156,47	1 191,52
64QAM	1/2	36/72/144	842,57	936,19	991,26	1 021,30
	2/3	48/96/192	1 123,43	1 248,26	1 321,68	1 361,74
	3/4	54/108/216	1 263,86	1 404,29	1 486,90	1 531,95
	5/6	60/120/240	1 404,29	1 560,32	1 652,11	1 702,17
	7/8	63/126/252	1 474,50	1 638,34	1 734,71	1 787,28
<sup>a</sup> Esa tasa de datos representa la tasa de datos (bits) por segmento para parámetros de transmisión: tasa de datos (bits) = TSP transmitidos x 188 (bytes/TSP) x 8 (bits/byte) x 1/longitud del cuadro.						

Fuente: (RAFAEL SOTELO, 2011)

La tabla 6-1 muestra las tasas de bits que cada segmento puede transmitir dependiendo los parámetros de la transmisión

**Tabla 7-1** Tasa total de bits

Modulación de la portadora	Código convolucional	Número de TSP transmitidos (Modos 1/ 2/ 3)	Tasa de datos Mbps			
			Intervalo de guarda 1/4	Intervalo de guarda 1/8	Intervalo de guarda 1/16	Intervalo de guarda 1/32
DQPSK	1/2	156/312/624	3,651	4,056	4,295	4,425
	2/3	208/416/832	4,868	5,409	5,727	5,900
	3/4	234/468/936	5,476	6,085	6,443	6,638
	5/6	260/520/1040	6,085	6,761	7,159	7,376
	7/8	273/546/1092	6,389	7,099	7,517	7,744
16QAM	1/2	312/624/1248	7,302	8,113	8,590	8,851
	2/3	416/832/1664	9,736	10,818	11,454	11,801
	3/4	468/936/1872	10,953	12,170	12,886	13,276
	5/6	520/1040/2080	12,170	13,522	14,318	14,752
	7/8	546/1092/2184	12,779	14,198	15,034	15,489
64QAM	1/2	468/936/1872	10,953	12,170	12,886	13,276
	2/3	624/1248/2496	14,604	16,227	17,181	17,702
	3/4	702/1404/2808	16,430	18,255	19,329	19,915
	5/6	780/1560/3120	18,255	20,284	21,477	22,128
	7/8	819/1638/3276	19,188	21,298	22,551	23,234

Fuente: (RAFAEL SOTELO, 2011)

Si los treces segmentos son utilizados por la capa A como única jerarquía se utilizarán los valores de la tabla 7-1.

**Tabla 4-1** Configuración dependiendo de la modalidad para la transmisión

Modalidad	Configuración
<b>Full Seg</b>	Modo:3 Modulación: 64QAM Duración de Símbolo Efectiva: 1008 $\mu$ Seg Intervalo de Guarda: 1/8 Código Interno: $\frac{3}{4}$
<b>One Seg</b>	Modulación: QPSK Código Interno: $\frac{2}{3}$

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

Fuente: (CONATEL, Resolución NRXXX / 16, 2016)

### 1.1.11 Comparación con otros estándares de televisión digital

Como resumen de la sección 1.1.1.4 se realiza el siguiente cuadro de comparación entre los estándares.

**Tabla 9-1** Comparación con otros estándares de televisión digital

CARACTERÍSTICAS	ESTÁNDARES DE TELEVISIÓN DIGITAL			
	ATSC	DVB-T	DTMB	ISDB-Tb
<b>País de origen</b>	Estados Unidos	Europea	China	Japón/Brasil
<b>Ancho de banda</b>	6 MHz	8 MHz	8 MHz	6 MHz
<b>Modulación</b>	8-VBS	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	OFDM	QPSK, 16-QAM, DQPSK
<b>Bit Rate de promedio</b>	19.39 Mbps	19.6 Mbps	19.3 Mbps	19.61 Mbps
<b>Codificación de Audio</b>	Dolby AC3	MPEG-2	MPEG-2, AVS	MPEG-2 ACC
<b>Codificación de Video</b>	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2, MPEG-4	MPEG-2
<b>Intervalo de Guarda</b>	1/4, 19/128, 1/8, 19/256, 1/16, 1/32, 1/128	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	-----	1/4, 1/8, 1/16, 1/32
<b>Movilidad</b>	No	Si	Si	Si
<b>Interactividad</b>	Si	Si	Si	Si
<b>Alta definición</b>	Si	No	Si	Si
<b>Middleware</b>	Dase	MHP	Arib	Ginga

Realizado por: Erika Zúñiga. 2017

### 1.1.12 Ventajas y Desventajas

#### 1.1.12.1 Ventajas

La cobertura geográfica del estándar ISDB-Tb es más amplia que los otros estándares, brinda robustez sin pérdidas por multitrayectoria, desvanecimientos por ruidos urbanos, entre otras interferencias. Por lo cual tiene características adecuadas para la geografía de Ecuador.

Al tener un ancho de banda de 6 MHz permite el tráfico de información con mayor calidad, es decir mayor definición y mayor rapidez, y en su defecto cada segmento puede tener su propio esquema de protección de errores individual y tipo de modulación.

Flexibilidad, con esto se refiere a que cada segmento puede ser combinado para integrar un servicio de banda ancha como TVAD y no solo regirse a sus funciones por defecto. Así también integra sistemáticamente varios tipos de contenidos digitales.

Con un solo transmisor se tendrá tv móvil, fija y portable de manera gratis. Este transmisor brindará la capacidad de tener contenidos interactivos o múltiples canales; lo cual beneficia también al aspecto de la energía.

La comunicación no es congestionada, gracias a que cada segmento tiene un ancho de banda de (Ancho del canal de televisión) /14 MHz.

Uno de los aspectos que llaman la atención son los servicios de tv interactiva con transmisión de datos, lo cual tiene como propósito que el usuario final pueda interactuar con el servicio y que la comunicación no sea unidireccional, así se puede integrar los contenidos de televisión, tanto a través de servicios públicos como servicios comerciales, que hasta ahora sólo eran accesibles a través de otros servicios.

Mejor desempeño técnico al ser un sistema de televisión digital multiportadora OFDM modulada (QPSK, DPSK, 16-QAM o 64-QAM) con transmisión de banda segmentada.

Una de las más grandes ventajas sobre su predecesor es que, en el mismo ancho de banda que ocupa el canal analógico es posible transportar varios programas de televisión digital, debido a que ahora toda la información se digitaliza ya no es necesario ocupar tanto ancho de banda para transmitir, imagen, audio y el color por separado.

#### *1.1.12.2 Desventajas*

La desventaja de este estándar es que el costo de los estudios, equipos, y de la infraestructura necesaria para su funcionamiento es elevado, por otra parte, también para que el usuario pueda receptar la señal digital es necesaria una televisión compatible con el estándar, o un adaptador para utilizar otro tipo de televisores.



## **1.2 ISDB-Tb en Ecuador**

### ***1.2.1 Introducción***

Se crearon estándares tecnológicos para que sea posible la transmisión de televisión digital terrestre, cada país es libre de elegir el estándar basado en sus necesidades tanto técnicas como de servicios, parámetros de operación, geografía, recepción, y otros aspectos que cada país vea necesarios.

Ecuador adoptó el estándar ISDB-Tb en marzo de 2010, bajo el anuncio del Superintendente de Telecomunicaciones, con el objetivo de mejorar la calidad de servicio de televisión abierta, optimizar el uso del espectro radioeléctrico, generar nuevos servicios audiovisuales e interactivos, múltiples programas y aplicaciones, promover fuentes de empleo, garantizar el derecho de comunicación, inclusión, equidad social.

El 23 de diciembre de 2013 se emitió el Reglamento Técnico RTE 83 para Televisores. El Gobierno de la Revolución Ciudadana, a través del Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, lidera esta iniciativa encaminada a transportar a una nueva forma de mirar televisión, con mejores experiencias en calidad y contenidos; así como el acceso a nuevos servicios, lo que consolidará el Ecuador del Buen Vivir.

Cumpliendo una primera etapa en el año 2016, la primera señal al aire con señal digital se dio con la estación televisora de TC Televisión, el Ministerio de Telecomunicaciones (MINTEL) prevé que en el mes de junio de 2017 cese emisiones de televisión analógica en las ciudades con mayor número de población como es Quito, Guayaquil y Cuenca, esperando así que para el 2018 se proceda al apagón Analógico de manera total en el Ecuador.

### ***1.2.2 Entidades de regulación y control del Ecuador***

Organismos de regulación y control de las telecomunicaciones existentes en el Ecuador

- **Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SENATEL)**

Ente encargado de la ejecución de la política de telecomunicaciones, como objetivos tiene elaborar normas relativas a la administración del espectro radioeléctrico, políticas y estrategias para el sector de las telecomunicaciones, normas de homologación de equipos de telecomunicaciones y administra el espectro radioeléctrico. (CONATEL, 2001)

- **Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL)**

Es el ente encargado de administración y regulación de las telecomunicaciones en el país, dictar políticas del Estado con relación a las Telecomunicaciones, aprobar el Plan Nacional de Desarrollo de las Telecomunicaciones, el Plan de Frecuencias y de uso del espectro radioeléctrico, las normas de homologación, regulación y control de equipos y servicios de telecomunicaciones.

- **Ministerio de telecomunicaciones y de la sociedad de la información (MINTEL)**

Ministerio de telecomunicaciones y de la sociedad de la información fue creado mediante el decreto ejecutivo N°8 el 13 de agosto de 2009, tiene como objetivo establecer y coordinar la política del sector de las telecomunicaciones, desarrollar los planes de manera conjunta con la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL) y la ciudadanía, de la misma manera apoya y facilita la gestión para el cumplimiento del Plan Nacional de Desarrollo, Liderar los procesos de diseño, creación, implantación, desarrollo y actualización de un Sistema de Información de las Telecomunicaciones, Realizar el monitoreo, seguimiento y evaluación a las políticas, planes, programas y proyectos del sector de las telecomunicaciones.

- **Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPERTEL)**

Organismo técnico de vigilancia, auditoría, intervención y control que tiene como objetivo promover e impulsar el control de las entidades y organismos del sector público, personas naturales o jurídicas del sector privado que cuenten con servicios de telecomunicaciones para que realicen con responsabilidad transparencia y equidad. (Palacios, 2012)

- **Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL)**

Entidad encargada de la administración, regulación y control de las telecomunicaciones y del espectro radioeléctrico y su gestión, así como de los aspectos técnicos de la gestión de medios de comunicación social que usen frecuencias del espectro radioeléctrico o que instalen y operen redes. (ARCOTEL)

- **Comité Internacional Técnico para la Implementación de la Televisión Digital Terrestre (CITDT)**

Su responsabilidad es coordinar el proceso de implementación de la televisión digital terrestre, velar por la efectiva transferencia tecnológica, coordinar con las entidades públicas y privadas para garantizar la efectividad del proceso, realizar planificaciones para el proceso de la difusión hasta que se concluya con el apagón analógico. Se conforma por el Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la información, el Secretario Nacional de Planificación y Desarrollo, el Secretario Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación y el Secretario Nacional de Telecomunicaciones, en el caso que no puedan acudir los secretarios será designado un delegado para que sea participe del comité. (MINTEL)

#### *1.2.2.1 Adopción del Estándar ISDB-Tb en Ecuador*

A través de la Resolución No. 084-05-CONATEL-2010 en marzo de 2010 el Consejo Nacional de Telecomunicaciones resolvió: (CONATEL, 2010)

**Art. 1.-** “Acoger el informe presentado por la Superintendencia de Telecomunicaciones para la Definición e Implementación de la Televisión Digital Terrestre en el Ecuador”.

**Art. 2.-** “Adoptar el estándar de televisión digital ISDB-T INTERNACIONAL (Integrated Services Digital Broadcasting Terrestrial) para el Ecuador, con las innovaciones tecnológicas desarrolladas por Brasil y las que hubiere al momento de su implementación, para la transmisión y recepción de señales de televisión digital terrestre”.

#### *1.2.2.2 MINTEL lidera el proceso de TDT*

Resolución No. RTV-596-16-CONATEL-2011 de 29 de julio de 2011, resolvió:

**Art 1.-** Delegar al Ministerio de Telecomunicaciones y de la Sociedad de la Información, a fin de que sea el organismo que lidere y coordine el proceso de implementación de la Televisión Digital Terrestre en el Ecuador; para lo cual, realizará todas las actividades que sean necesarias acordes con la normativa.

#### *1.2.2.3 Creación del CITDT y aprobación de propuesta*

Mediante Acuerdo Interministerial No. 170 se creó el Comité Interinstitucional Técnico para la Introducción a la Televisión Digital Terrestre en el Ecuador (CITDT).

La Resolución RTV-961-26-CONATEL-2011 de 16 de diciembre de 2011, resolvió: (CONATEL, 2011)

**Art 2.-** Aprobar la propuesta de características técnicas mínimas para los televisores con recepción fulf-seg para Televisión Digital Terrestre

**Art 3.-** Disponer al CITDT coordinar acciones con otras instituciones u organismos estatales que tengan competencia y relación con la importación de terminales de televisión, a fin de permitir únicamente la importación de terminales de televisión que cumplan con las características establecidas en el Artículo 2 de la presente Resolución.

El CITDT aprobó en el año 2012 el Plan Maestro de Transición a la TDT y se establecen fechas y fases para el apagón analógico en el país.

#### *1.2.2.4 Plan Maestro para la transición a la Televisión Digital Terrestre*

La Resolución-449-15-CONATEL-2010 resolvió:

**Art. 2.-** Aprobar la Estructura del Plan Maestro de Transición de TDT Televisión digital terrestre para Ecuador, su metodología de elaboración y cronograma planteado mediante oficio SNT-2010-908 del 18 de agosto de 2010.

El Plan Maestro contempla la implementación de la TDT, teniendo como objetivos mejorar la calidad de servicio de televisión abierta, optimizar el uso del espectro radioeléctrico, utilizar las bandas del dividendo digital en la provisión de nuevos servicios, equipamiento e infraestructura requerida por parte de los concesionarios, garantiza el derecho a la comunicación, inclusión, cohesión y equidad social de las ciudadanas y ciudadanos, reducir la brecha digital

## **IMPLEMENTACION:**

### **Marco Legal y Regulatorio**

La implementación se basará en las leyes y reglamentos vigentes, el CONATEL emitirá de ser necesario actos administrativos y/o normativos para el desarrollo de la implementación.

### **Transmisión Simultánea de Señales de Televisión Analógica y Digital (Simulcast)**

Todos los concesionarios que obtengan el título habilitante de televisión abierta pueden acceder a frecuencias para la transmisión digital terrestre, los concesionarios deberán cumplir con todos los requisitos técnicos y legales para garantizar el apagón analógico y por la disposición del CONATEL las transmisiones simultaneas de televisión analógica y digital no podrán exceder el tiempo establecido para el cumplimiento del apagón analógico.

- **Inicio de las transmisiones de TDT y periodo del Simulcast**

De acuerdo a las normativas aplicables emitidas por el CONATEL se podrá otorgar autorizaciones temporales de televisión analógica y digital.

- **Obligaciones en el periodo de Simulcast**

Presentar un proyecto para la implementación de las transmisiones digitales de acuerdo a los formatos y condiciones establecidos por el CONATEL, conservar la calidad y cobertura de la transmisión analógica, informa a los usuarios cuando se dé el inicio de las trasmisiones y de manera periódica la fecha que dejara de transmitir su señal analógica.

- **Características de la TDT de carácter temporal**

Los concesionarios deberán de manera temporal emitir la misma programación que en la del canal analógico, el ancho de banda autorizado es de 6MHz.

## **BANDAS DE FRECUENCIAS**

Se usará la banda UHF para la transmisión de televisión digital terrestre, se identificará la banda VHF con los canales correspondientes del 7 al 13 para la transmitida digital terrestre bajo la norma ISDB-Tb.

En el periodo Simulcast se utilizarán canales adyacentes y los canales principales del servicio de televisión analógica en la banda de canales del 21 al 51 pero dependerá de la disponibilidad existente.

## **CANALIZACION**

- **Uso del Canal**

Para la transmisión de televisión digital terrestre (TDT) se asignará canales de 6 MHz de ancho de banda de acuerdo con la reglamentación vigente.

- **Asignación de Canales**

Se implementarán redes de frecuencias únicas (SFN), tomando en cuenta las condiciones técnicas para dicha operación, si la zona geográfica no dispone de canales principales se realizará en un canal adyacente, caso contrario en el que si exista la disponibilidad los mismos canales principales podrán ser asignados a canal seguido, de acuerdo con la demanda existente y sea factibilidad técnica existente.

## **APAGÓN ANALÓGICO**

El apagón analógico es el cese de las emisiones analógicas y se programó en tres fases que se muestran en la tabla 10-1.

**Tabla 10-1** Cronograma para el Apagón Analógico

FASES	LOCALIDADES	APAGÓN ANALÓGICO
<b>FASE 1</b>	Áreas de cobertura de las estaciones que cubran una población con más de 500000 habitante	31 de diciembre de 2016
<b>FASE 2</b>	Áreas de cobertura de las estaciones que cubran una población de 200000 a 500000 habitantes	31 de diciembre de 2017
<b>FASE 3</b>	Áreas de cobertura de las estaciones que cubran una población con menos de 200000 habitantes	31 de diciembre de 2018

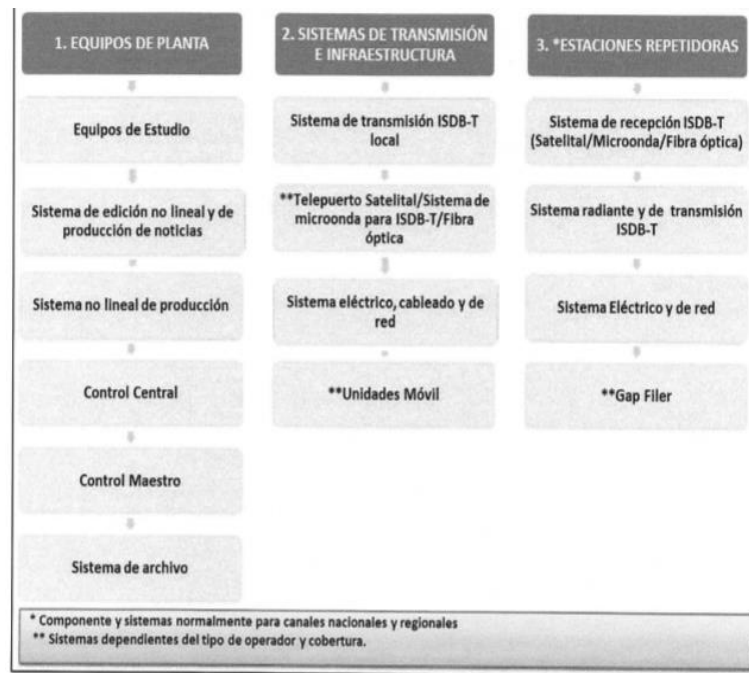
**Realizado por:** Erika Zúñiga, 2017

**Fuente:** Plan Maestro de Transmisión de la Televisión Digital Terrestre en Ecuador (CONATEL, 2012)

### **1.2.3 Equipamiento para ISDB-Tb**

Al tener conocimiento de los parámetros para la transmisión del estándar ISDB-Tb se puede determinar el equipamiento necesario para migrar la señal, en cuanto los equipos de planta, sistema de transmisión e instalaciones de repetidoras deberán ser implementados con el tipo tamaño y cobertura del operador.

En la figura 11-1 según el informe CITFT-GAE-2012-003 se redacta el equipamiento para la implementación de un canal de televisión en tres partes, equipos de planta, sistema de transmisión, y la estación repetidora digital que dependen de la operación de cobertura que puede ser nacional, regional y local.



**Figura 1-5** Componentes de infraestructura para TDT

Fuente: Informe CITFT-GAE-2012-003

Equipos de estudio ubicados en la estación matriz ubicada en la ciudad de Ambato, en donde se generan las señales de audio y video de muy buena calidad para ser propagada.

Un transmisor de microonda ubicado en los estudios de la ciudad de Ambato por el que se envía la señal de audio y video al cerro Pilishurco.

Un equipo receptor de microonda con el que se receptorá la señal de audio y video del canal Unimax desde los estudios, este estará instalado en el mismo lugar donde está el equipo transmisor.

#### **1.2.4 Características y Funcionamiento de los Equipos**

##### **1.2.4.1 Equipamiento de Planta**

Dentro de la estación de televisión se encuentran equipos en el área de master, audio, video, edición, apropiados para una producción de alta definición logrando ser un sistema digital en



todas sus etapas. Dependerá siempre del equipamiento que se trabaje para definir la calidad de una grabación.

### **Equipos de Audio**

- Consola de Audio

Se conectan todos los emisores de audio a la consola para procesar estas entradas y obtener como producto final mezclas de audio, mono y multicanal según la necesidad que se requiera, existen varios tipos de consolas o mezcladores de audio.

- Ecualizadores

Proporciona ganancia independiente de la frecuencia, se utilizan como filtros que eliminan o filtran interferencias y ruidos que se perturban al sonido.

- Compresor de Sonido

Ajusta la diferencia de energía entre los niveles bajos y altos de las señales de audio recibidas, para adaptar a los requerimientos del sistema, la función de este equipo es proteger a los equipos de recibir picos de señal y disminuir los errores provocados por sonidos saturados.

- Altavoces

Convierte la señal eléctrica en mecánica para proceder a transformarla en energía acústica

- Cables/conectores.

Depender de la buena calidad de estos elementos para que se dé una transición de audio perfecta.

### **Equipos de Edición**

- Edición Digital

Se modifica el material original a través de un programa de edición de video, agregando sonido, fotos, audio.

- Hardware

Herramienta indispensable para la edición

- Software

Existe una variedad de programas que se encargan en la edición de producción, siempre dependerá de las necesidades que tenga la producción.

### **Equipos de Master**

Se controla toda la programación mediante monitores que tienen vistas previas de la programación que se emitirá en el día.

### **Equipos de Producción**

Su función es coordinar todas las actividades de cada programa previo a su emisión

### **Equipos de Video**

- Procesador de Video

Equipo que da al programa una calidad de carácter profesional optimizando la señal, el procesador es la etapa previa a la salida de señal hacia el transmisor.

- Monitor Preview y PGRM

Son monitores tv del tipo TRC analógicos y LCD con entradas tanto analógicas como digitales para Estándar Definición y High Definición del tipo marca SAMSUNG LT19B300.

- Procesador corrector de Video

Es un procesamiento de video que ayuda a adecuar, corregir y modificar la señal de video siendo del tipo FOR A modelo FA-370

- Monitoreo Video OUT

Es un juego de tres monitores en rack con entradas de Video CBVS los cuales nos permite observar el video

#### *1.2.4.2 Sistema de Transmisión*

Cuando las estaciones de televisión tienen ya los contenidos para su transmisión, esta señal debe estar codificada, comprimida y modulada.

##### **Encoder**

La señal de audio y video es codificada, bajo un proceso se mezclan sus señales convirtiendo en una sola señal de salida, para TDT se utiliza la codificación H.264/MPEG-4 AVC para video y MPEG-2 AAC o HE-AAC para audio.

##### **Modulador**

El modulador digital funciona de igual manera que un modulador analógico, claramente la diferencia es que modula un canal digital, señal que ingresa de la salida ASI del encoder.

##### **Amplificador**

La señal RF de salida del modulador ingresa al amplificador, este se encarga de mejorar la señal para ser transmitida.

##### **Cable RF**

El cable a utilizarse entre el transmisor y la antena será del tipo Andrew de 7/8 “de diámetro, modelo LDF5-50, el cual presenta una atenuación de 2.9 dB por cada 100 m. para una frecuencia de 400 a 600 MHz. El tipo de conector a utilizarse será del tipo DIN 7/16”.

#### *1.2.5 Cálculo de la Inversión*

Aspectos técnicos y económicos para la cobertura regional, se estima que se cumpla la digitalización el primer trimestre del año a partir del decreto de la fecha límite del apagón analógico.

**Tabla 11-1** Inversión para la digitalización modelo Canal Regional

IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPAMIENTO	AÑO DE EJECUCIÓN					
	2013	2014	2015	2016	2017	Total
<b>Implementación de la infraestructura de planta y equipos de estudio</b>	\$793.000,00					\$793.000,00
<b>Implementación de infraestructura de la estación matriz de transmisión digital local</b>	\$260.000,00					\$260.000,00
<b>Digitalización de estaciones repetidoras (capitales de provincia &gt;a 500000 Hab.)</b>			\$522.500,00			\$522.500,00
<b>Digitalización de estaciones repetidoras población de 200000-500000 Hab. Y &lt; 200000 Hab.)</b>					\$522.500,00	\$522.500,00
<b>TOTAL DE INVERSIONES (USD)</b>	<b>\$1.053.000,00</b>		<b>\$522.500,00</b>		<b>\$522.500,00</b>	<b>\$2.098.000,00</b>

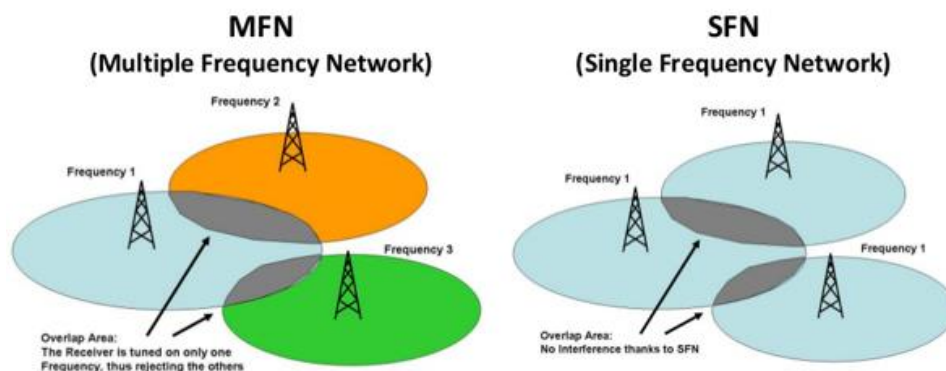
Fuente: INFORME CITDT-GAE-2012-003

Según el INFORME CITDT-GAE-2012-003 del 6 de junio de 2012, en la tabla 11-1, se observa el valor de inversión por cada año, estimando que los operadores de tipo regional anualmente inviertan un monto aproximado de 200.000,00 USD con una tasa de crecimiento anual del 5% a 20 años plazo.

## 1.2.6 Transmisión y Recepción en ISDB-Tb

### 1.2.6.1 Transmisión

La transmisión de la señal de televisión digital terrestre es similar a la transición de señal analógica, enviando desde un punto la señal, en este caso desde el cerro Pilishurco, hacia los usuarios.



**Figura 6-1 .** Esquema de MFN y SFN

Fuente: (Benzi, 2013)

#### **MFN (Multiple Frequency Network)**

Esta red ocupa una cantidad significativa del espectro radioeléctrico, cada transmisor dispone de radiofrecuencias individuales, es decir, que cada transmisor transmite una frecuencia única.

#### **SFN (Single Frequency Network)**

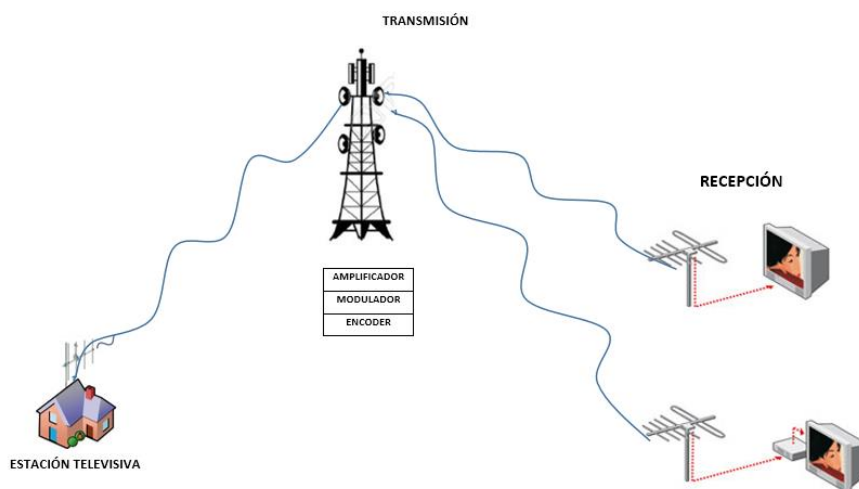
Todas las estaciones del área de cobertura radian a la misma frecuencia, y las emisiones deben estar moduladas en la misma frecuencia, sincronizando todos los transmisores, no es posible realizar desconexiones. Permite aprovechar de mejor manera los recursos del espectro, y la recepción produce más ganancia de la señal por los ecos ganados en la transmisión.

### 1.2.6.2 Recepción

Para la recepción se necesita una antena VHF/UHF, si se tiene aún los televisores análogos se necesitará un decodificador TDT, pero si existen televisores con el decodificador ya incluidos y se puede visualizar la señal analógica y digital conjuntamente.

En el caso de utilizar decodificadores de TDT se deberá adaptar al televisor convencional, este dispositivo posibilitara la recepción de la señal digital en los televisores análogos convencionales, y así los usuarios podrán disfrutar de todas sus ventajas.

### 1.2.7 Funcionamiento



**Figura 7-1** Transmisión de TDT

Autor: Erika Zúñiga

En la figura 13-1 se puede apreciar las etapas para la transmisión de TDT desde la estación televisiva hasta los usuarios.

#### 1.2.7.1 Estación Televisiva:

Todo el contenido generado dentro del canal de televisión, el cual debe tener la mejor calidad posible con todo el equipamiento requerido para la producción, es enviado hacia la antena receptora ubicada en el cerro.

#### *1.2.7.2 Transmisión*

Una vez que la señal de video y audio llega a la estación de transmisión se acondiciona la señal para emitirla. Primero, un encoder codifica la señal, es decir la digitaliza, luego se realiza el proceso de modulación, en donde el flujo binario resultante de codificar la imagen, el sonido y los datos del programa se transmite mediante una modulación de espectro digital. Finalmente se amplifica la información digital y el centro de transmisión distribuye la señal en su área de cobertura.

#### *1.2.7.3 Recepción*

En la etapa de recepción se utiliza las antenas existentes para recepción de televisión analógica, si el televisor consta con recepción del estándar ISDB-Tb no tendrá problema para poder disfrutar de la programación, caso contrario para visualizar en la pantalla del televisor la programación esperada se realiza mediante el decodificador digital también llamado Set Top Box o STB.

## **CAPITULO II**

### **2 MARCO METODOLÓGICO**

#### **2.1 Introducción**

En este capítulo se hablará sobre el canal Unimax, cuáles son sus parámetros técnicos, topográficos, y de los requerimientos necesarios para la red de transmisión digital. La estructura técnica interna será todo el equipamiento que se utiliza dentro de la caseta para desempeñar la transmisión, y la estructura técnica externa será todo el equipamiento fuera de la caseta situada en el cerro Pilishurco.

#### **2.2 Unimax Tv**

MUVESA C.A es concesionario de las frecuencias de canal 34 para televisión analógica y canal 23 para televisión digital en las que opera el canal de televisión de señal abierta denominado Unimax Tv.

El canal de televisión Unimax de la ciudad de Ambato fue fundada el 11 de febrero de 1994 con el eslogan “*Mas cerca de ti*”, inicio con sus transmisiones el 21 de noviembre del mismo año, su señal es transmitida principalmente en la provincia de Tungurahua y en Cotopaxi.

El canal cuenta con diferentes departamentos como producción, audio, edición, noticias, master, y el departamento técnico es el responsable del buen funcionamiento de todos los equipos de ingeniería para que los otros departamentos y el canal en si no tengan problemas para trabajar, dentro del este departamento se trabaja en el mantenimiento y reparación de equipos, establece y verifica la calidad de enlaces, lleva un inventario de todo lo necesario para una producción, y otorga todas las facilidades técnicas para la emisión y/o grabación de los programas o eventos programados dentro del canal.



El horario de operación de UNIMAX TV será desde las 00H00 A 24H00, es decir, 24 Horas diarias de funcionamiento.

### **2.2.1 Características Técnica de Unimax**

- Clase de estación

→ Privada

- Banda de frecuencia

→ 12700 – 1289 MHz

- Cobertura

→ Ambato, Latacunga, Saquisilí, Pujilí, Pillaro, Cevallos, Quero, Pelileo, Salcedo, Tisaleo, Mocha

- Ubicación

→ El canal Unimax se encuentra ubicado en la Ciudad de Ambato

→ Dirección: Rodrigo de Triana 1-14 y 12 de octubre en la Ciudadela Cristóbal Colón

→ Longitud: 78°38'8.04" W

→ Latitud: 01°14'59,25" S

→ Altura: 2634 m.s.n.m

- Instalaciones:

→ Equipos de estudios en donde se genera las señales de audio y video de muy buena calidad para ser propagada

→ Un transmisor de microondas ubicados en el canal por el cual se envía la señal de audio y video al cerro Pilishurco

→ Equipo receptor de microonda que recibe la señal de audio y video del canal Unimax desde sus estudios, el equipo se encuentra en el cerro Pilishurco.

### 2.3 Parámetros de la red del Canal Unimax

La señal analógica de Unimax tiene como frecuencia actual 10562.5 MHz y su transmisión digital en el canal 23 con el rango de frecuencia de (524-530) MHz y frecuencia central 527 MHz. En la tabla 1-2 se puede visualizar lo parámetros técnicos ya mencionados que cobertura tiene.

**Tabla 1-2** Parámetros técnicos

<b>Nombre de la Estación</b>	UNIMAX
<b>Trayecto</b>	Ambato-Cerro Pilishurco
<b>Frecuencia actual (Analógica)</b>	10562.5 MHz
<b>Frecuencias de Enlace</b>	524-530 MHz
<b>Tecnología</b>	Digital
<b>Canal</b>	23
<b>Cobertura</b>	Ambato, Latacunga, Saquisilí, Pujilí, Pillaro, Cevallos, Quero, Pelileo, Salcedo, Tisaleo, Mocha

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

**Tabla 2-1** Parámetros topográficos

<b>Estudio Unimax</b>	<b>Calle Rodrigo de Triana y 12 de Octubre, Tungurahua</b>
<b>LATITUD</b>	1°14'59,25" S
<b>LONGITUD</b>	78°38'8,04" O
<b>ALTURA</b>	2634 m.s.n.m
<b>Tx Cerro Pilishurco</b>	Cerro Pilishurco, Tungurahua
<b>LATITUD</b>	1°9'17.1" S
<b>LONGITUD</b>	78°39'54.9" O
<b>ALTURA</b>	4151 m.s.n.m

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

### 2.3.1 Transmisor del Enlace

El transmisor será instalado en los estudios de Unimax Televisión, conjuntamente con su antena parabólica. En la tabla 3-2 se detalla los parámetros del transmisor como frecuencia, potencia, etc., y en la tabla 4-2 los parámetros de la antena transmisora.

**Tabla 3-2** Parámetros del equipo transmisor analógico

<b>Frecuencia</b>	12700 – 12849 MHz
<b>Potencia en W</b>	1 W
<b>Potencia en dBm</b>	30 dBm
<b>Marca tipo</b>	EUROTEK

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

**Tabla 4-2** Parámetros de la antena de transmisión

<b>TIPO</b>	<b>Parabólica</b>
<b>RANGO DE FRECUENCIAS</b>	12.70 GHz - 13.25 GHz
<b>MARCA</b>	DB
<b>DIAMETRO</b>	2 ft
<b>GAIN</b>	34,95
<b>ALTURA PROMEDIO UBICACIÓN</b>	10 m

Realizada por: Erika Zúñiga, 2017

### 2.3.2 Receptor del Enlace

**Tabla 5-2** Equipo Receptor

<b>FRECUENCIA</b>	12700 - 12849 MHz
<b>OUTPUT VIDEO LEVEL</b>	1Vpp
<b>SENSIBILIDAD MEDIA</b>	-75/80 dBm
<b>AUDIO OUTPUT LEVEL</b>	0 dBm (adjustable on front panel)
<b>AUDIO OUTPUT IMPEDANCE</b>	600 Ohm (balanced or unbalanced)

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

**Tabla 6-2** Parámetros de la Antena de Recepción

<b>TIPO</b>	Parabólica
<b>RANGO DE FRECUENCIAS</b>	12.70 GHz - 13.25 GHz
<b>MARCA</b>	DB
<b>DIAMETRO</b>	2 ft
<b>GAIN</b>	34,95
<b>ALTURA PROMEDIO UBICACIÓN</b>	10 m

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

### 2.3.3 *Cable Coaxial*

**Tabla 7-2** Parámetros del cable coaxial

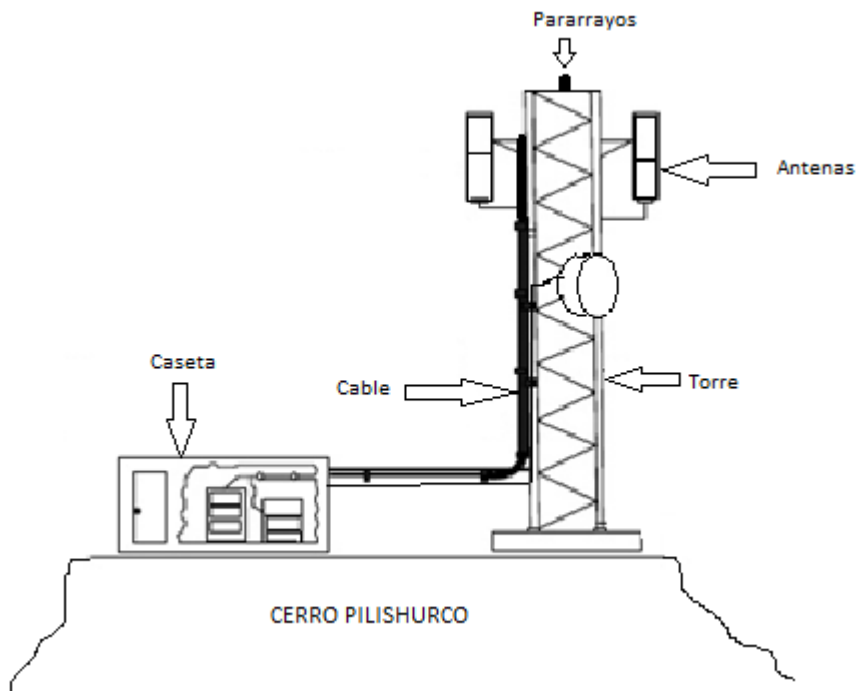
<b>TIPO</b>	Guía de Onda
<b>BANDA FRECUENCIA</b>	10 - 13,5 Ghz
<b>ATENUACIÓN</b>	11.64dB/100m
<b>FRECUENCIA DE OPERACIÓN</b>	12725 MHz

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

### 2.3.4 *Frecuencia*

Se solicita la concesión de una frecuencia dentro del rango de 12700 a 12849 MHz, para el enlace

## 2.4 Requerimientos de una red TDT para Unimax Tv



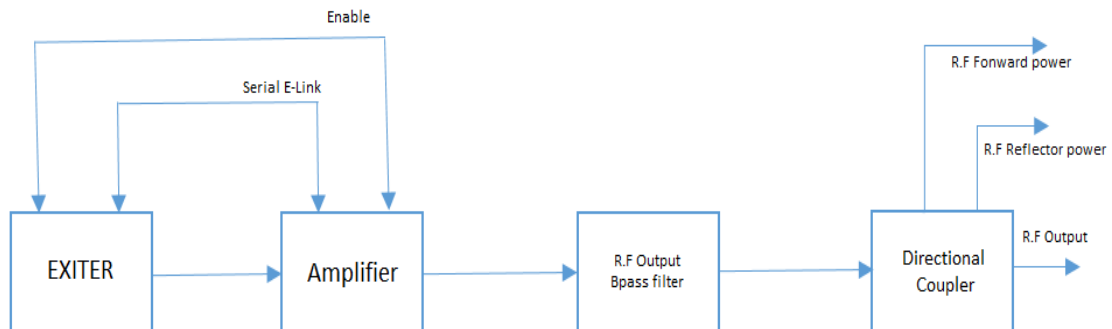
**Figura 1-2** Red para TDT  
Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

El sistema de transmisión se instalará como se muestra la figura.1-2, dentro de la caseta se encuentra la microondas analógica que con la señal de audio y video receptadas del estudio se procede a ingresar al transmisor digital, para la conexión desde el transmisor hasta el sistema radiante se utiliza cable coaxial, fuera de la caseta se observa la torre de soporte de antenas con una altura de 24m de tipo cuadrada, en las torres se encuentran las antenas tanto de transmisión como de recepción.

### 2.4.1 Estructura Técnica Interna

La estación transmisora cuenta con toda la infraestructura necesaria para la instalación de un sistema de transmisión, como ya se mencionó en los requerimientos de una red de TDT se necesita la parte de la caseta, vamos a profundizar la estructura técnica interna que está dentro de la misma para la transmisión digital.

#### 2.4.1.1 Transmisor ETLU4G01



**Figura 2-1** Diagrama de bloques del transmisor EuroTel ETLU4G01

**Realizado por:** Erika Zúñiga, 2017

**Fuente:** Manual ETLU4G01

Con referencia al diagrama de bloques de la Figura.2-2, la señal modulada de salida del excitador alcanza la entrada del amplificador, se conectan las entradas del habilitador y de Serial E-Link. La potencia de salida del amplificador es una nominal a un nivel nominal de 650Wrms

#### Componentes del transmisor son:

- Rack de transmisor con transformador de red de aislamiento incorporado y distribución de energía
- Excitador simple
- Módulo amplificador RF
- Filtro de salida pasa-banda
- Un ventilador de gran diámetro en el techo, el rack transmisor proporciona la extracción de aire de escape.

#### Funciones:

- Está diseñado para funcionar tanto en modo DTV como en modo ATV
- La potencia de salida de RF nominal se establece en 650Wrms para el modo DTV y la sincronización de pico de 1.5kW para el modo ATV
- Es refrigerado por aire, un ventilador colocado en el techo del transmisor saca el aire frío de la parte delantera del transmisor y por medio de un transportador de aire el aire caliente es extraído de la rejilla.

- Distribución de energía
- Corriente monofásica de 220V para suministrar al modulador y Corriente trifásica 110V para suministrar el módulo del amplificador. El lado primario del transformador principal está protegido por un interruptor automático utilizado para encender y apagar el transmisor
- La corriente eléctrica desde el lado secundario del transformador se distribuye al módulo del amplificador y se puede conectar y desconectar individualmente. El modulador toma el suministro desde el lado secundario del transformador a través de interruptor automático también.

#### 2.4.1.2 Single Channel H.264 - Encoder

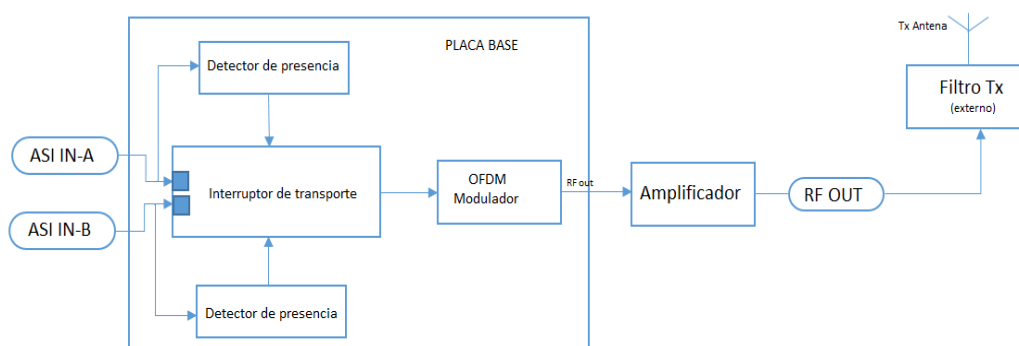
### Función

Codifica en MPEG-2 AAC para audio y H.264/MPEG-4 AVC para video según la norma ISDB-Tb. Existen codificadores SD HD y One Seg, cada uno cumple múltiples formatos.

### Características técnicas

- Se suministra corriente de 110V
- Recibe señal de audio en su entrada R y señal de video en la entrada CBVS
- Codifica las dos señales y envía por la salida ASI

#### 2.4.1.3 Multiplexor



**Figura 3-2** Diagrama de bloques del Modulador

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

Fuente: Manual ETLU4G01

## Función

Mediante el diagrama de bloques de la figura 3-2 notamos que las entradas ASI van hacia el excitador el cual mediante la modulación OFDM aplica los parámetros de la norma ISDB-Tb para la señal codificada, la misma que sale hacia el amplificador para posteriormente salir por un cable RF hacia las antenas y ser propagada.

### 2.4.1.4 Amplificador

Las características que presenta el amplificador se resumen en la tabla 8-2, la información es tomada de las manuales de usuarios de cada módulo.

**Tabla 8-2** Características técnicas

<b>Potencia primaria:</b>	57V $\pm$ 5% frecuencia 74 a 60 Hz
<b>Enfriamiento:</b>	Aire forzado
<b>Rango de temperatura de funcionamiento del refrigerante:</b>	-5 °C a +45 °C
<b>Rango de temperatura de almacenamiento:</b>	-10 a +70 °C
<b>Refrigerante inter temperatura:</b>	< 55 °C

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

Fuente: Manual ETLU4G01

**Tabla 9-2** Parámetros de entrada:

<b>Nivel nominal RF de entrada:</b>	<b>DTV 0,3 Wrms : ATV 1W Pico de sincronización</b>
<b>Impedancia de entrada:</b>	50 $\Omega$
<b>Perdida de retorno de entrada:</b>	< 18dB

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

Fuente: Manual ETLU4G01



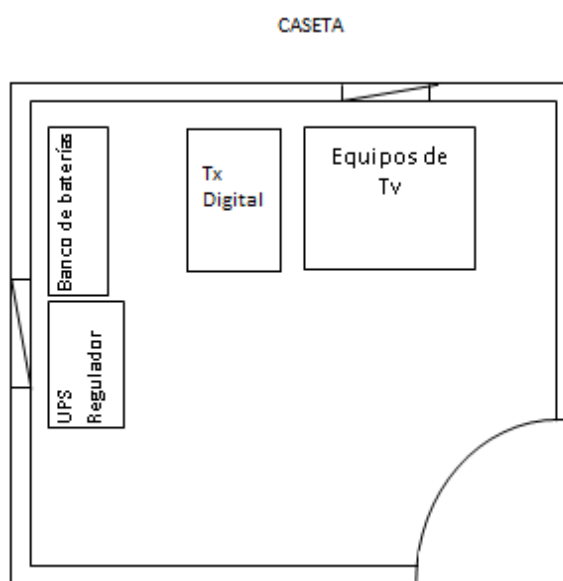
**Tabla 10-2** Parámetros de salida

<b>Ganancia de potencia:</b>	<b>&gt;35dB</b>
<b>Impedancia de salida:</b>	<b>50Ω</b>
<b>Potencia de salida nominal:</b>	<b>DTV 650 Wrms :   ATV 1500W</b>

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

Fuente: Manual ETLU4G01

#### 2.4.1.5   Diseño de la caseta



**Figura 4-2** Diseño de la Caseta

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

La caseta es construida considerando el sistema de tierra tanto para la torre como para los equipos. Como se muestra en la figura 4-2.

Tiene un diámetro de  $3,5m^2$  , su estructura es de bloque y cemento, tiene pequeñas ventanas para la ventilación natural, el piso es de baldosa.

#### **Energía Eléctrica:**

El tipo de energía eléctrica a utilizarse será de 220 VAC conseguida a través de un transformador propio adquirido a la Empresa Eléctrica local. Este voltaje estará controlado y monitoreado por un detector tensión para su control.

El consumo en potencia eléctrica del transmisor será de aproximadamente 7000 Watts.

**Mantenimiento:**

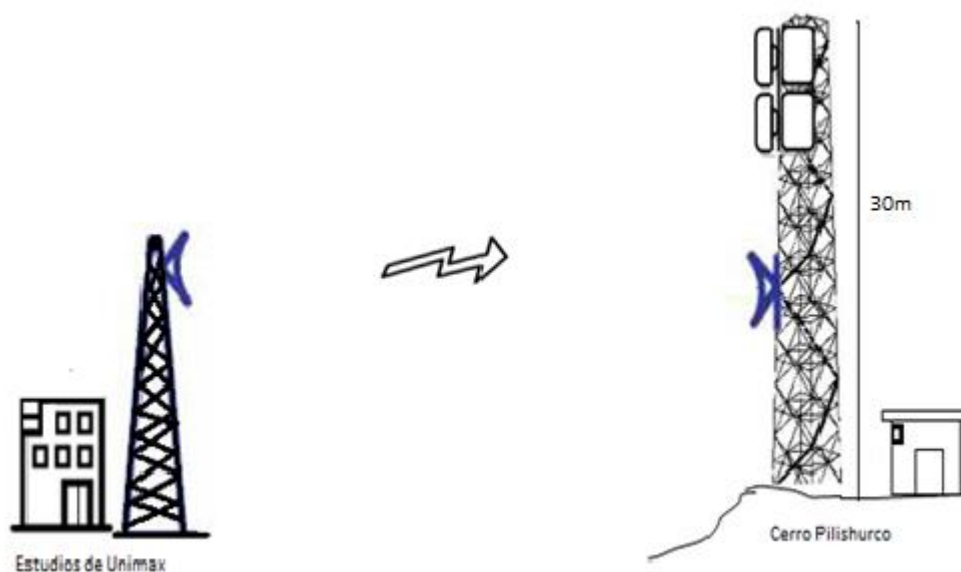
Para el caso del mantenimiento preventivo de la estación transmisora de UNIMAX TV, es desarrollado por un ingeniero y/o técnico especialista. Sin embargo, se mantendrán equipos básicos de medida como son: multímetro, puntas de prueba, monitores de video, juego de destornilladores, pinzas, cortadora y herramientas básicas.

## CAPITULO III:

### 3 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

En este capítulo se realizará cálculos de niveles de intensidad de campo, potencia y modo de transmisión, altura de la torre, patrón de radiación y ubicación de las antenas para el diseño de la red. Se realizará pruebas de laboratorio comprobando que los módulos no presenten daño o fallas, al no presentar inconvenientes se realizará la implementación del transmisor digital en el cerro Pilishurco y se analizara los resultados obtenidos.

#### 3.1 Estructura Técnica Externa



**Figura 1-3** Enlace Estudio de Unimax – Cerro Pilishurco  
Realizado por: Erika Zuñiga, 2017

##### 3.1.1 Torre Autoportada.

La torre autoportada de 30 metros de altura, será una estructura metálica del tipo sección transversal cuadrada, soportada por templadores denominados vientos con las siguientes especificaciones.

**Tabla 1-3** Características de la Torre Autosoportada.

<b>Tipo de estructura:</b>	Autosoportada Cuadrangular
<b>Perfil de aristas:</b>	2 ¼" x 2"
<b>Entrelazados con perfil :</b>	2".
<b>Base de la torre:</b>	Cuadrado de 2 m Torre de 24 m.
<b>Resistencia a velocidad del viento de:</b>	120 Km/h
<b>Tipo de galvanizado:</b>	en Caliente
<b>Pintura:</b>	Anticorrosiva
<b>Color:</b>	Blanco y Naranja
<b>Tipo de pernos:</b>	Galvanizados y Acero

Realizado por: Erika Zuñiga, 2017

### 3.1.2 Pararrayos

El pararrayo estará instalado en el tope más alto de la torre y será la instalación más alta. Será tipo Franklin, aislado de la estructura metálica de la torre y debe ser instalado a mínimo 2 metros más arriba del elemento a proteger. Este deberá cubrir un cono mínimo de 45 grados. El voltaje nominal del pararrayos será de 200.000 Voltios. Será instalado en la estructura metálica de la torre mediante herrajes apropiados. El cable de bajada será aislado del tipo TTU AWG 1/0, este cable deberá bajar desde el pararrayos sin interrupciones ni dobleces en su trayecto hacia la malla de tierra.

**Tabla 2-3** Característica de Pararrayos

<b>Modelo:</b>	TRAZOR PDC AT-1310
<b>Tipo:</b>	Pararrayo Franklin multipuntos
<b>Longitud:</b>	1,4 m.
<b>Diámetro:</b>	1 pulgada
<b>Material:</b>	Cobre niquelado
<b>Cable bajante de pararrayo:</b>	Cable aislado No. 10
<b>Sistema de tierra:</b>	Tres varillas copperweld

Realizado por: Erika Zúñiga. 2017

### **3.1.3 Sistema de tierra:**

Para el sistema de tierra se deberá proveer una resistencia no mayor a 5 Ohms. En el caso del sistema de tierra para las casetas, se usarán cuatro varillas de tipo copperweld de 1.80 m. de altura distribuidas como vértices de un rectángulo entrelazado mediante cable desnudo de cobre AWG 1/0. Todas las conexiones entre cables y varillas deberán ser soldadas.

Para el caso del sistema de tierra de la torre auto soportada, se usarán cuatro varillas de tipo copperweld de 1.80 m. de altura distribuidas como vértices de un triángulo rectángulo de 2,20 m. de lado, entrelazado mediante cable desnudo de cobre AWG 1/0. Todas las conexiones entre cables y varillas deberán ser soldadas. Para la instalación de cada una de las varillas antes citadas se deberá construir un pozo con el objetivo de clavar la varilla y de rellenar el volumen circundante con la cantidad suficiente de carbón mineral, sal en grano y agua.

Para la interconexión entre el pararrayos y el sistema de tierra se lo realizará mediante cable aislado AWG 1/0 sin interrupciones. Este a su vez se soldará usando suelda Cadwell al cable de cobre desnudo.

Se deberá construir un pozo de revisión en el lado opuesto al bajante del pararrayos.

### **3.1.4 Sistemas Irradiantes**

Las antenas son arreglos de paneles con pantalla, cuya potencia que soportan individualmente es de 1kW, colineales, cada panel contiene dos dipolos, directivos, es decir apuntando a las Ciudades de la cobertura señalada. Los paneles son similares a la marca KATHREIN, de SCALA División, de 11 dBd de ganancia cada uno, es decir un conjunto conformado por dos paneles tendría 14 dBd de ganancia, y de cuatro paneles de 17 dBd. El lóbulo de radiación es direccional. Para el caso del arreglo en diferentes direcciones, se calcula la Potencia Efectiva Radiada de acuerdo a la Resolución 072-04-CONATEL-2010, para el caso de un arreglo compuesto, considerando la ganancia de la antena individual en dBd, el número de antenas en la dirección de máxima radiación y el número total de antenas del arreglo.

La señal que llega al transmisor, es repartida a los cuatro paneles, utilizando un distribuidor simétrico de una entrada de 7/16" y 6 salidas tipo DIN de 7/16" con 6 cables de interconexión utilizando cable heliax de 1/2" marca ANDREW modelo LDF4-50. La impedancia de entrada del arreglo será de 50 Ohms.

### 3.1.5 Antena de Transmisión

Tanto en transmisión como en recepción se utilizarán antenas del tipo marca DB, de 2 ft , 0.6 m aproximadamente de diámetro. Esta antena tiene una ganancia de 34.95 dBi, con una apertura del lóbulo horizontal de 2,94°, tiene una relación frente espalda mayor a 25 dB, impedancia de entrada de 50 Ohms, conector tipo guía de onda terminación cuadrada flange, diámetro del adaptador del feeder 65 mm, la antena es de aluminio pintado, la antena será ubicada a 10 m de altura.

### 3.1.6 Línea de transmisión

El cable a utilizarse entre el transmisor y la antena será del tipo Andrew de 7/8 “de diámetro, modelo LDF5-50, el cual presenta una atenuación de 2.9 dB por cada 100 m. para una frecuencia de 400 a 600 MHz. El tipo de conector a utilizarse será del tipo DIN 7/16”. Para un mejor detalle de las características ver la tabla 3-3.

**Tabla 3-1** Características del Cable

<b>Marca:</b>	ANDREW
<b>Tipo:</b>	Helix
<b>Modelo:</b>	LDF5 – 50
<b>Atenuación a 500 MHz:</b>	2.9 dB/100 m.
<b>Velocidad de Propagación:</b>	89 %
<b>Máxima Frecuencia:</b>	6.1 GHz
<b>Conductor interno:</b>	Cobre - Aluminio
<b>Conductor Externo:</b>	Cobre
<b>Impedancia:</b>	50 Ohms
<b>Capacidad:</b>	76.1 pF/m
<b>Inductancia:</b>	0.187 uH/m

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

### **3.1.7 Seguridad e Instalación**

La instalación contar con seguridad para navegación aérea con la colocación de una luz de baliza en la parte más alta de la torre con las siguientes características.

**Tabla 4-3** Característica de luz de baliza

<b>Color:</b>	Tulipa Rojo
<b>Tensión:</b>	110 a 220 VCA
<b>Corriente:</b>	Hasta 1 A
<b>Consumo:</b>	Hasta 6,4 W

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

### **3.1.8 Energía eléctrica:**

La energía eléctrica requerida para los diferentes equipos será proporcionada por la red comercial con voltajes de 110V a 220 V con un consumo de potencia aproximada de 3.0KVA.

### **3.1.9 Mantenimiento:**

Para el mantenimiento de las instalaciones se utilizará instrumentos y equipos como: multímetros, analizador de espectro, herramientas para manejos de equipos, vatímetros, medidor de campo, etc.

## **3.2 Presupuesto directo de implementación**

En esta sección se detalla el costo del equipamiento del estudio (Tabla 5-3), del equipamiento del cerro (Tabla 6-3) y de los materiales necesarios (Tabla 7-3) para la implementación de la tecnología digital para el canal Unimax. Se detalla también el costo de implementación para la señal de alta definición ver tabla 8-3.

**Tabla 5-3** Equipamiento Estudio

NOMBRE	COSTO USD*
<b>Encoder HD</b>	2800
<b>Encoder One Seg</b>	3200
<b>Multiplexer</b>	4900
<b>Conversor ASI / IP</b>	2900
<b>Enlace de Microonda Transmisor</b>	18000
<b>Antena Parabólica</b>	2800
<b>TOTAL</b>	<b>34600</b>

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

\*Todos los costos son sin impuestos, transporte ni iva, son precios de Europa.

**Tabla 6-3** Equipamiento Cerro

NOMBRE	COSTO USD*
<b>Receptor de Enlace Microonda</b>	2800
<b>Modulador de ISDBT</b>	14.500
<b>Transmisor digital</b>	23400
<b>Antenas</b>	4800
<b>Enlace de Microonda Transmisor</b>	18000
<b>Antena Parabólica</b>	2800
<b>TOTAL</b>	<b>66300</b>

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

\*Todos los costos son sin impuestos, transporte ni iva, son precios de Europa.

**Tabla 7-3** Materiales

NOMBRE	COSTO USD*
<b>Cables</b>	4700
<b>Conectores</b>	2100
<b>Varios</b>	1300
<b>TOTAL</b>	<b>8100</b>

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

\*Todos los costos son sin impuestos, transporte ni iva, son precios de Europa



**Tabla 8-3** Presupuesto Equipamiento HD

Nº	EQUIPO	Costo C/U	COSTO	
3	Camaras de video FHD tipo marca Sony NX5	3500	10500	
4	Hum elimimators SDI HD del tipo Allen Avionics	240	960	
7	Combertidores SDI a HDMI del tipo Black box HD-SDI to HDMI	210	1470	
1	Como Switcher y virtual set el Tricaster 460 mas el sistema advance vision, de FHD	22000	22000	
1	Player out FHD del Tipo Media cinco o Matrox	5500	5500	
1	Matriz SDI FHD 16x 16 del tipo Miranda CR 1616HD	7000	7000	
2	Monitores FHD de 17 '' del tipo Black Magic	1900	3800	
1	Procesador de Video con corrector de audio del tipo SAM	8000	8000	
1	Convertidor UP/DOWN Cros converter del tipo Black Magic	600	600	
1	Convertidor SDI a video compuesto tipo Black Magic o AJA	290	290	
1	Convertidor de Video Compuesto a SDI HD tipo Black M o AJA	290	290	
1	Distribuidor SDI HD 1x4 del Tipo Black Magic o AJA	400	400	
1	convertidor HDMI a SDI FHD del Tipo Blackmagic o AJA	195	195	
1	Encoder de microonda FHD y su sistema completo del tipo ELBER	28000	28000	
			0	
2	Encoder FHD IP enlace de IP del Tipo NTT	15000	30000	
			0	119005
1	Encoder HD /SD H264 del tipo NTT para satellite	18000	18000	
1	modulador satellite tipo SENCORE SMD	10000	10000	
1	BUC 400 w del tipo terrasat	38000	38000	
	Total		185005	

**Realizado por:** Erika Zúñiga

\*Los precios son en EEUU y no en Ecuador

Lo descrito anteriormente es para la construcción de un estudio con su control máster básico para emitir la señal en FHD de Unimax Tv.

### 3.3 Estudio de Cobertura

#### 3.3.1 Parámetros Topográficos

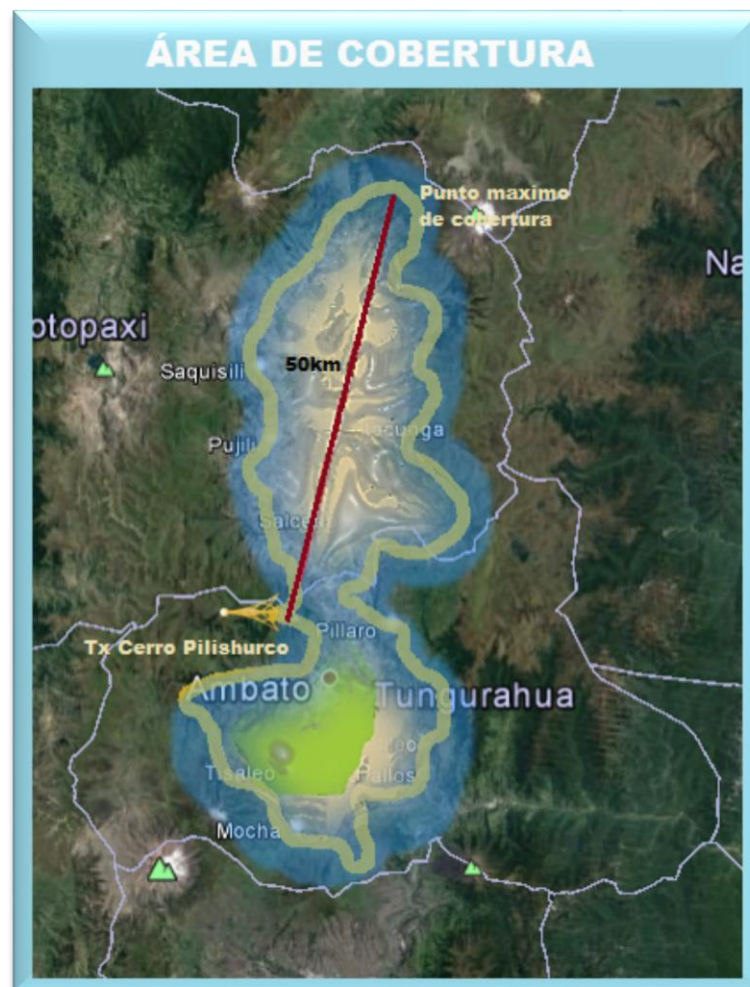
El transmisor digital se implementará en el cerro Pilishurco, en la tabla 9-3 se detalla las zonas de cobertura para la frecuencia que corresponde para el canal 23.

**Tabla 9-3** Parámetros Topográficos

CANAL UHF	FRECUENCIA	ÁREA DE COBERTURA
23	524-530	Ambato, Latacunga, Saquisilí, Pujilí, Pillaro, Cevallos, Quero, Pelileo, Salcedo, Tisaleo, Mocha

Realizado por: Erika Zuñiga, 2017

Se encontró la distancia máxima de cobertura con Google Earth como se muestra la figura 2-3 encontrando la distancia máxima 50 Km



**Figura 2-1** Área de Cobertura

Realizado por: Erika Zuñiga, 2017

### 3.3.2 Ganancia del Sistema Radiante

El sistema radiante tiene una polarización horizontal y está compuesto por un arreglo de 2+2 y se procede a calcular la ganancia individual y posteriormente de todo el arreglo.

- **Azimut de 60°**

$$G_{60} = G_a + 10\log(A_T)$$

$$G_{60} = 11 + 10\log(2)$$

$$G_{60} = 14.01 \text{ dBd}$$

- **Azimut de 150°**

$$G_{150} = G_a + 10\log(A_T)$$

$$G_{150} = 11 + 10\log(2)$$

$$G_{150} = 14.01 \text{ dBd}$$

- **Ganancia total**

$$G_T = 11 \text{ dBd}$$

### 3.3.3 Área de Cobertura

Para determinar el área de cobertura se cumplirá bajo los parámetros determinados en la recomendación UIT-R P.1546-3, ANEXO A, el cálculo se realizará para cada azimut, determinando la altura de la antena de transmisión, la altura efectiva y la altura media de terreno por cada azimut, como muestra la tabla 10-3. La información de la tabla es obtenida mediante cálculos en tablas de Excel utilizando las formulas de la recomendación.

**Tabla 10-3** Calculo de la altura media

CERRO PILISHURCO													
AZIMUT 60° Altura media = 2868.2 m													
Distancia (Km)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Altura (m)	3603	3500	3100	3000	2800	2750	2730	2720	2700	2650	2550	2650	2700
AZIMUT 150° Altura media = 2800.4 m													
Distancia (Km)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Altura (m)	3500	3204	3001	2900	2860	2750	2720	2700	2620	2600	2550	2580	2600

Realizado por: Erika Zuñiga, 2017

Se calcula la Altura Efectiva de la antena transmisora, trazando radiales desde 0 a 360 grados, desde una distancia de 3 a 15 km., utilizando el software Radio resultando un valor de Altura efectiva para cada azimut. Con este valor ubicamos, interpolamos y extrapolamos en el ábaco para

frecuencias desde 450 a 1000 MHz (Bandas IV-V); tierra; 50% del tiempo y 50 % de los emplazamientos, donde nos da un valor de Intensidad de campo en dBuV/m.

Luego vamos a corregir este valor de intensidad de campo para distancias mayores de hasta 50 km, en el ábaco.

### 3.3.3.1 Intensidad de campo para el área de cobertura

Para el cálculo de la intensidad se procederá a realizar los pasos expuestos en la recomendación UIT-R P.1546-3, Unimax opera en el canal 23, que está en las frecuencias de (526-530) MHz teniendo como frecuencia central 527 MHz, y se tiene como frecuencia inferior 100 MHz y como frecuencia superior 2000 MHz, la recomendación detalla paso a paso el procedimiento que se debe seguir dependiendo los parámetros con los cuales se va a trabajar.

Los valores nominales de la intensidad de campo se obtienen de las mediciones y las tablas de la recomendación. En la tabla 11-3 se encuentran los valores de la altura del terreno en metros sobre el nivel del mar entre las distancias de 3 a 15 Km.

**Tabla 11-3** Cálculo de la altura de la antena

ALTURA DEL TERRENO EN METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR (m.s.n.m.)												
DISTANCIA (Km.)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
3	3805	3601	3603	3599	3497	3500	3706	3802	3799	4082	4053	3951
4	3598	3510	3500	3200	3200	3204	3500	3700	3850	4100	3920	3960
5	3400	3353	3100	2997	3050	3001	3400	3600	3850	4116	3800	3800
6	3300	3200	3000	2805	2950	2900	3350	3402	3700	3951	3850	3600
7	3200	2980	2800	2722	2750	2860	3200	3350	3800	3920	3950	3580
8	3100	2950	2750	2700	2720	2750	3180	3200	3850	4004	3960	3560
9	3000	2900	2730	2720	2680	2720	3110	3200	3900	3920	4000	3580
10	2960	2860	2720	2600	2650	2700	3000	3250	3950	3800	4060	3600
11	2880	2850	2700	2480	2630	2620	3081	3200	4000	3950	4000	3580
12	2860	2820	2650	2600	2620	2600	3000	3240	3750	4080	4000	3550
13	2850	2800	2550	2720	2620	2550	3050	3200	4000	4100	4000	3450
14	2840	2780	2650	2750	2580	2580	3025	3180	3920	4200	4050	3420
15	2830	2750	2700	2800	2520	2600	3030	3150	4000	4385	3800	3400
16	2822	2721	2702	2900	2453	2620	3050	3050	4100	4200	4000	3380
NIVEL MEI	3103	3005	2868	2828	2780	2800	3192	3323	3891	4058	3960	3601
Alt. Antena	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
Alt. Rep. (h)	4151	4151	4151	4151	4151	4151	4151	4151	4151	4151	4151	4151
Altura Efec (m.)	1077	1175	1312	1352	1400	1380	988.4	856.9	289.4	122.3	219.8	579.2

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

Con el valor obtenido se realiza una sumatoria para sacar la media, para la altura efectiva se utiliza la formula siguiente.

$$h_{ef} = (h_o + h_a) - h_m$$

En donde:

$h_{ef}$  = Altura efectiva

$h_o$  = Altura de la hubicacion de la antena

$h_a$  = Altura de la torre

$h_m$  = Altura media del terreno

Para el cálculo se tiene que  $h_o = 4151\text{m}$ ,  $h_a = 29$  y  $h_m$  le valor de la altura media para cada azimut

Después de los resultados obtenidos en el paso anterior se procede a calcular la intensidad de campo dBuV/m para 1KW de PER como se ve en la tabla 12-3.

**Tabla 12-3** Intensidad de campo para 1KW de PER

450-1000MHz; Tierra; 50 % del tiempo; 50 % de ubicaciones;  $h_2 = 10\text{m}$ ;  $dH = 50\text{ m}$ .

DISTANCIA (Km.)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
10	86	86	87	87	87	87	87	87	84	72	78	85
12.5	85	85	85	85	85	85	85	85	71	70	75	85
15	83.5	83	83	83	83	83	83.5	83.5	76	63	70	84
17.5	82	82	82	82	82	82	82	82	73	58	67	82
20	80	80	80	80	80	80	80	80	71	56	65	79
22.5	78	79	79	79	79	79	78	78	78	54	63	76
25	76	78	78	78	78	78	76	76	76	51	61	74
27.5	74	78	78	78	78	78	74	74	74	49	57	72.5
30	73	77	77	77	77	77	73	73	61	47	55	71
32.5	72	76	76	76	76	76	72	72	58	45	53	69
35	70	75	75	75	75	75	70	70	56	43	51	67
37.5	69	73	73	73	73	73	69	69	54	42	50	65
40	67	72	72	72	72	72	67	67	53	40	48	63
42.5	66	70	71	71	71	71	66	66	52	39	46	61
45	65	68	70	70	70	70	65	65	49	38	44	59
47.5	64	67	68	68	68	68	64	64	47	37	43	57
50	65	66	67	67	67	67	63	62	45	35	41	53

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

Para sacar los valores descritos en la tabla se utilizó la figura 8 del ANEXO A

Como tercer paso se procede a calcular el factor de corrección de potencia en dBk, el valor del transmisor es de 200 W y como pérdidas de líneas es de 1.415 dB, como resultados finales para cada azimut se visualizan en la tabla 13-3

**Tabla 13-3** Calculo del factor de corrección

$F_{cp} = 10 \log P + G_a - L_1$  (P = Potencia Tx (kW) ,  $G_a$  = Ganancia de Antena (dB) ,  $L_1$  : Pérdidas Línea de transm.

Potencia del Transmisor (W.): 200 W.  
 Potencia del Transmisor en dBk: -6.99 dBk  
 Pérdidas en Línea de Transmisión y conectores: 1.415 dB

Ganancia de Antena en d	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
	0.00	11.00	11.00	0.00	11.00	11.00	0.00	-18.00	-18.00	-18.00	-18.00	-18.00

$F_{cp}$ (dBk)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
	-8.40	2.60	2.60	-8.40	2.60	2.60	-8.40	-26.40	-26.40	-26.40	-26.40	-26.40

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

Se necesita conocer el valor de delta h que es la altura en donde está situada la antena desde el nivel del suelo como se muestra en la tabla 14-3.

**Tabla 14-3** Calculo de delta h

ALTURA DEL TERRENO EN METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR (m.s.n.m.)												
DISTANCIA (Km.)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
10	2960	2860	2720	2600	2650	2700	3000	3250	3950	3800	4060	3600
12.5	2860	2820	2650	2600	2620	2600	3000	3240	3750	4080	4000	3550
15	2830	2750	2700	2800	2520	2600	3030	3150	4000	4385	3800	3400
17.5	2750	3000	2200	3100	2700	2650	3150	3450	3900	4100	4100	3450
20	2720	3050	2400	3400	2680	2700	3300	3400	3800	3950	4200	3500
22.5	2700	3100	2500	3500	2650	2720	3100	3450	3850	3800	4100	3550
25	2680	3200	2650	3600	2630	2700	3050	3480	3900	3700	4000	3600
27.5	2720	3100	2800	3750	2610	2650	3150	3600	3950	3500	3900	3000
30	2750	3000	3100	4000	2600	2800	3250	3800	4000	3000	3800	2500
32.5	2780	3250	3500	3850	2750	2920	3350	3900	4100	2750	3750	2450
35	2800	3500	3850	3800	3050	3050	3500	4000	4150	2600	3600	2900
37.5	2900	3450	4100	3900	2650	2500	3700	4250	4250	2450	3650	2500
40	3100	3420	4300	4000	2800	2000	3900	4550	4350	2100	3700	2200
42.5	3200	3410	2800	4050	3000	2600	3600	4100	4550	1800	3400	1800
45	3300	3500	3100	4000	3200	3100	3300	3700	4100	1600	3000	1500
47.5	3100	3600	3200	4050	3150	3000	3100	3500	3650	1450	2800	1650
50	3400	3800	3250	4150	3100	2950	2900	3200	3300	1150	2600	1100
Decil D1 (10%)	2712	2844	2460	2720	2606	2560	3000	3224	3710	1540	2920	1590
Decil D9 (90%)	3240	3540	3950	4050	3120	3020	3640	4160	4290	4088	4100	3570
DELTA H (dh)	528	696	1490	1330	514	460	640	936	580	2548	1180	1980

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017



**Tabla 15-3** Factor de corrección de la atenuación

DISTANCIA (Km.)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12.5	7.00	8.00	9.75	9.75	7.00	6.75	7.25	8.75	7.00	12.00	9.75	10.75
15	8.40	9.60	11.70	11.70	8.40	8.10	8.70	10.50	8.40	14.40	11.70	12.90
17.5	9.80	11.20	13.65	13.65	9.80	9.45	10.15	12.25	9.80	16.80	13.65	15.05
20	11.20	12.80	15.60	15.60	11.20	10.80	11.60	14.00	11.20	19.20	15.60	17.20
22.5	12.60	14.40	17.55	17.55	12.60	12.15	13.05	15.75	12.60	21.60	17.55	19.35
25	14.00	16.00	19.50	19.50	14.00	13.50	14.50	17.50	14.00	24.00	19.50	21.50
27.5	15.40	17.60	21.45	21.45	15.40	14.85	15.95	19.25	15.40	26.40	21.45	23.65
30	16.80	19.20	23.40	23.40	16.80	16.20	17.40	21.00	16.80	28.80	23.40	25.80
32.5	18.20	20.80	25.35	25.35	18.20	17.55	18.85	22.75	18.20	31.20	25.35	27.95
35	19.60	22.40	27.30	27.30	19.60	18.90	20.30	24.50	19.60	33.60	27.30	30.10
37.5	21.00	24.00	29.25	29.25	21.00	20.25	21.75	26.25	21.00	36.00	29.25	32.25
40	22.40	25.60	31.20	31.20	22.40	21.60	23.20	28.00	22.40	38.40	31.20	34.40
42.5	23.80	27.20	33.15	33.15	23.80	22.95	24.65	29.75	23.80	40.80	33.15	36.55
45	25.20	28.80	35.10	35.10	25.20	24.30	26.10	31.50	25.20	43.20	35.10	38.70
47.5	26.60	30.40	37.05	37.05	26.60	25.65	27.55	33.25	26.60	45.60	37.05	40.85
50	28.00	32.00	39.00	39.00	28.00	27.00	29.00	35.00	28.00	48.00	39.00	43.00

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

Con los valores de las tablas anteriores se calcula la intensidad de campo en dBuV/m para la distancia máxima de 50 km en los azimuts como muestra la tabla 16-3, los valores de la intensidad de campo se permiten establecer el contorno protegido y según lo expuesto por la MINTEL el límite será de 54 dBuV/m, de esta manera la tabla 17-3 se expone la predicción de área de cobertura en Km con la intensidad de campo en el borde del área establecida.

**Tabla 16-3** Intensidad de campo

DISTANCIA (Km.)	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
10	77.60	88.60	89.60	78.60	89.60	89.60	78.60	60.60	57.60	45.60	51.60	58.60
12.5	69.60	79.60	77.85	66.85	80.60	80.85	69.35	49.85	37.60	31.60	38.85	47.85
15	66.70	76.00	73.90	62.90	77.20	77.50	66.40	46.60	41.20	22.20	31.90	44.70
17.5	63.80	73.40	70.95	59.95	74.80	75.15	63.45	43.35	36.80	14.80	26.95	40.55
20	60.40	69.80	67.00	56.00	71.40	71.80	60.00	39.60	33.40	10.40	23.00	35.40
22.5	57.00	67.20	64.05	53.05	69.00	69.45	56.55	35.85	39.00	6.00	19.05	30.25
25	53.60	64.60	61.10	50.10	66.60	67.10	53.10	32.10	35.60	0.60	15.10	26.10
27.5	50.20	63.00	59.15	48.15	65.20	65.75	49.65	28.35	32.20	-3.80	9.15	22.45
30	47.80	60.40	56.20	45.20	62.80	63.40	47.20	25.60	17.80	-8.20	5.20	18.80
32.5	45.40	57.80	53.25	42.25	60.40	61.05	44.75	22.85	13.40	-12.60	1.25	14.65
35	42.00	55.20	50.30	39.30	58.00	58.70	41.30	19.10	10.00	-17.00	-2.70	10.50
37.5	39.60	51.60	46.35	35.35	54.60	55.35	38.85	16.35	6.60	-20.40	-5.65	6.35
40	36.20	49.00	43.40	32.40	52.20	53.00	35.40	12.60	4.20	-24.80	-9.60	2.20
42.5	33.80	45.40	40.45	29.45	49.80	50.65	32.95	9.85	1.80	-28.20	-13.55	-1.95
45	31.40	41.80	37.50	26.50	47.40	48.30	30.50	7.10	-2.60	-31.60	-17.50	-6.10
47.5	29.00	39.20	33.55	22.55	44.00	44.95	28.05	4.35	-6.00	-35.00	-20.45	-10.25
50	28.60	36.60	30.60	19.60	41.60	42.60	25.60	0.60	-9.40	-39.40	-24.40	-16.40

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

**Tabla 17-3** Predicción del área de cobertura en Km

INTENSIDAD DE CAMPO EN EL BORDE DEL AREA PRINCIPAL:

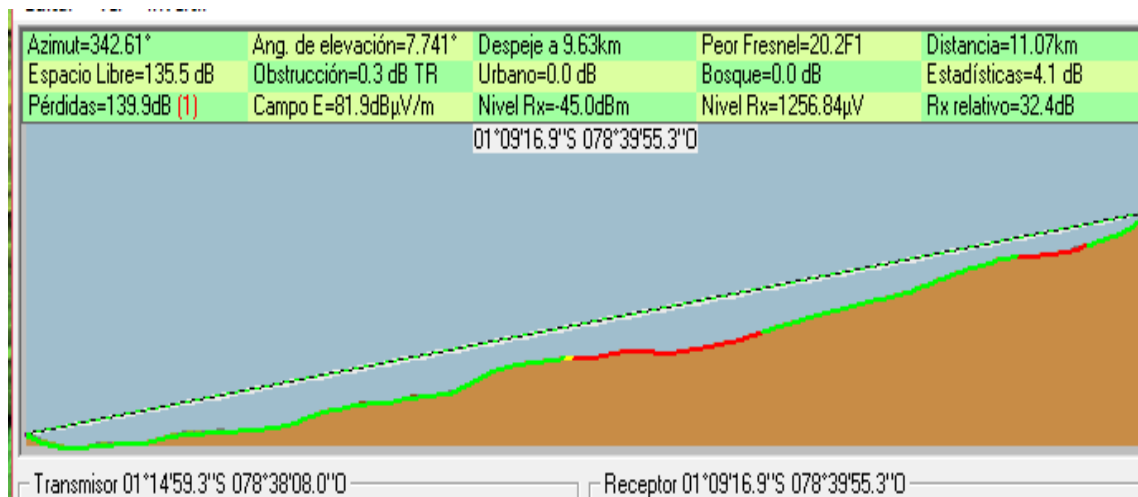
51 dBuV/m

	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°	210°	240°	270°	300°	330°
DISTANCIA (Km.)	27	37.5	35	25	41	42.5	26	12	7	6	9	11

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

### 3.3.4 Cálculo del enlace

Para la simulación del enlace microonda entre el canal de televisión y el cerro Pilishurco se utilizó el software Radio Mobile ingresando latitudes, longitudes y las alturas del transmisor y receptor respectivamente y visualizamos el perfil topográfico en la figura 3-3.



**Figura 3-3** Simulación del Enlace Unimax-Cerro Pilishurco

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

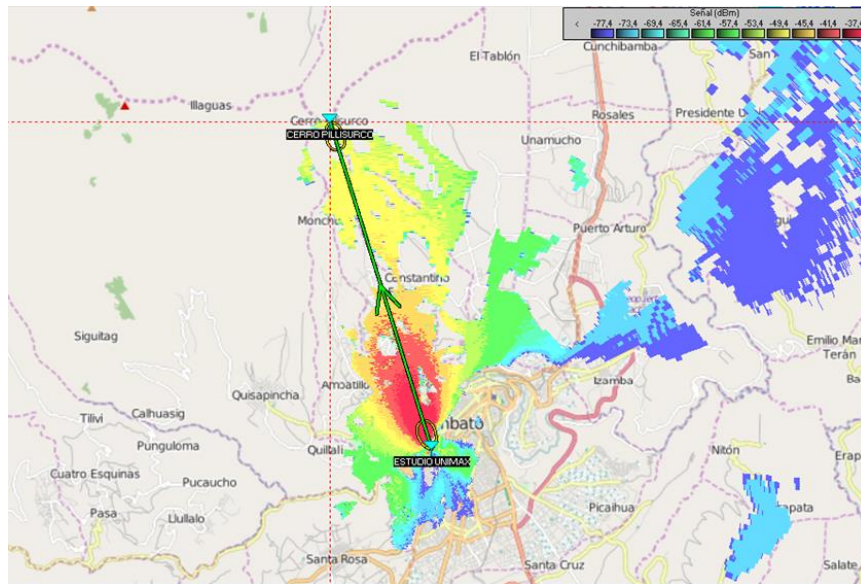
Como resultados se obtiene:

- La distancia entre Unimax y Pilishurco es 11.1 km
- Azimut norte verdadero = 342.61°
- Angulo de elevación = 7.7405°
- Nivel de umbral receptor = -77dBm
- Potencia del transmisor = 1 W : 30dBm
- Ganancia de la antena Tx = 34.95 dBi : 32.80 dBd
- La frecuencia promedio es 12725.000 MHz
- Espacio Libre = -135.5 dB



- La pérdida de propagación total es -139.9 dB

En la figura 4-3, se muestra la intensidad de la señal que es recibida por el receptor analógico en el cerro Pilishurco.



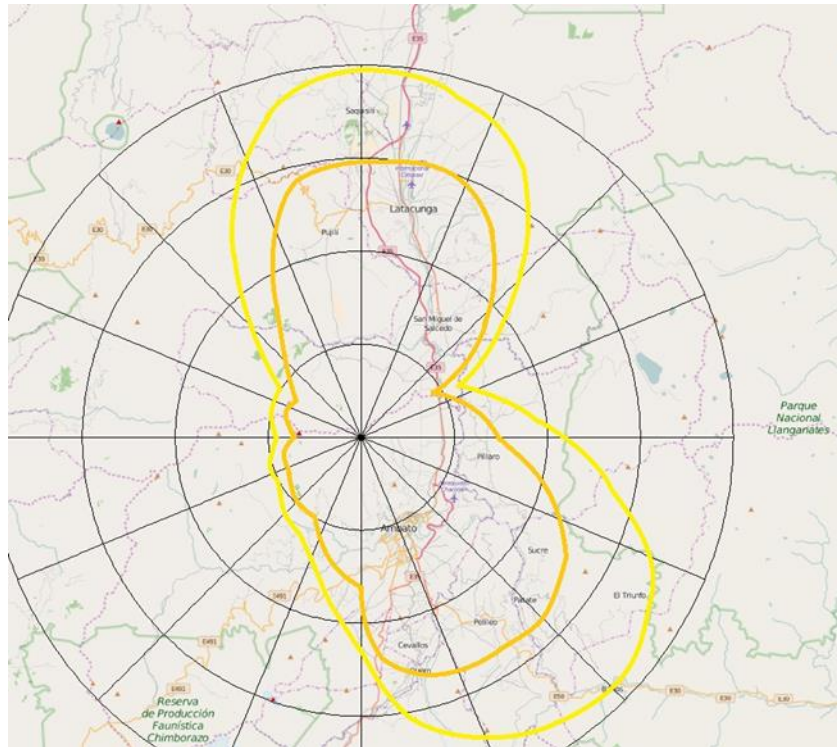
**Figura 4-3** Enlace Unimax-Cerro Pilishurco  
Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

#### 3.3.4.1 Cálculo de Propagación:

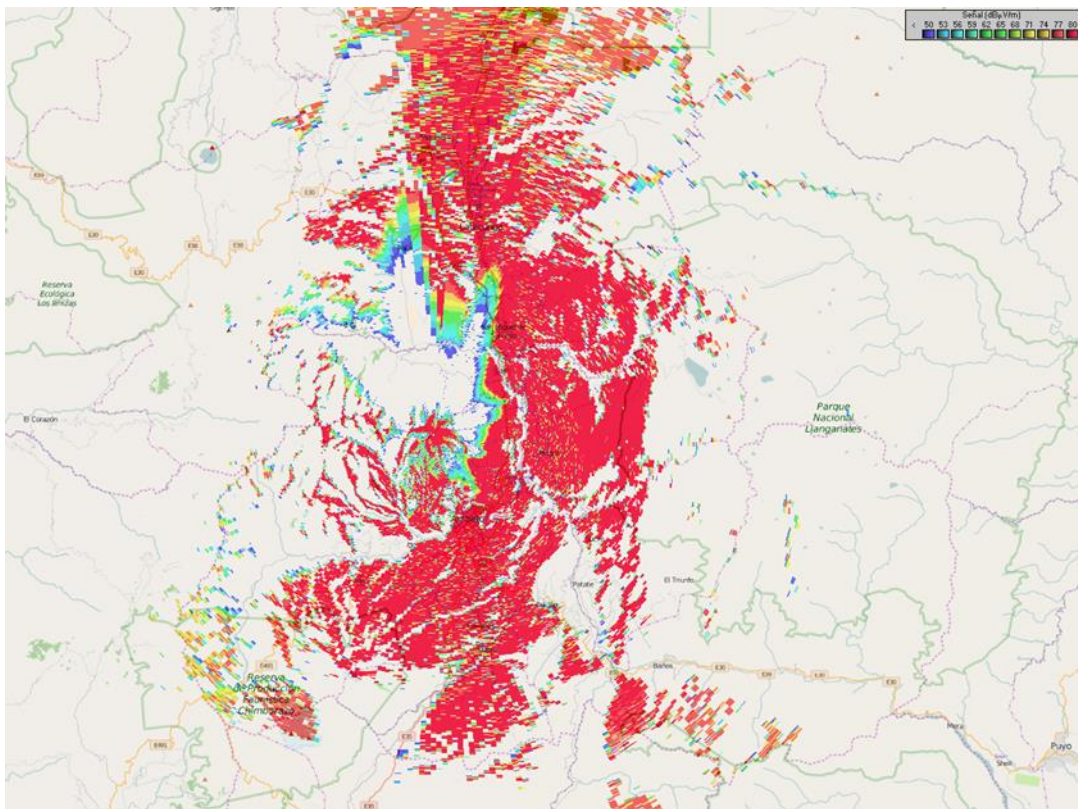
Para el cálculo de propagación se utilizó el método de predicción de cobertura recomendado por la UIT, que establece los lineamientos de intensidad de campo para los servicios de Broadcasting terrestre analógico y digital en un rango de frecuencia de hasta 3GHz

#### 3.3.4.2 Cobertura

Con los siguientes datos: ubicación, frecuencia de operación, potencia RF, datos de pérdidas en cable coaxial, conectores, tipo de antena. Se calcula el P.E.R. En las figuras 5-3 se observa el área principal y secundaria de la cobertura analógica ya que en transición digital se presenta una sola área, y la figura 6-3 se observa la cobertura generada por la señal analógica, para realizar estas simulaciones se utilizó el software Radio Mobile



**Figura 5-3** Área de Cobertura Principal y Secundaria  
Realizado por: Erika Zúñiga, 2017



**Figura 6-3** Simulación del área de cobertura  
Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

### 3.4 Implementación, Pruebas y Resultados

#### 3.4.1 Pruebas de laboratorio

La prueba de laboratorio se realizó para ver el buen funcionamiento de los equipos, que no exista alguna anomalía en la transmisión y en caso de que existiera alguna ver solución a la misma, lo primero que se realiza es armar los equipos como se muestra en la figura 7-3, el modulador funciona a 220V, como no contamos con todos los equipos debemos habilitar artificialmente y debemos poner una carga de 50Ω caso contrario nuestro equipo se quemaría.



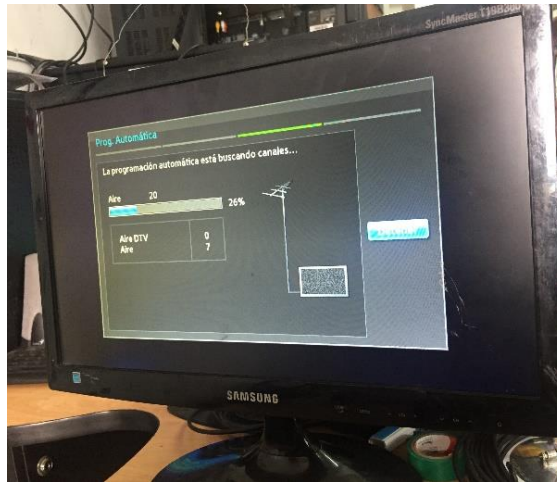
**Figura 7-3** Armada de equipos

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

Para las pruebas utilizamos los cuatro módulos, la señal de audio y video que se utilizó fue de un kramer tools, la salida de audio ingresa a la entrada R del Single Channel H.264 Encoder y la salida de video ingresa a la entrada CVBS del mismo Encoder estas dos señales se codifican y salen los BTS en tiempo real vía interface ASI.

La señal ASI 1 ingresa al modulador, el modulador ya está configurado con los parámetros de ISDB-Tb, se configura los segmentos, modo de transmisión e intervalo de guarda.

Comprobamos si la señal del generador de barras llega a nuestro monitor en señal digital. Ver figura 10-3.



**Figura 8-3** Escáner de todas las señales recibidas por el televisor  
**Realizado por:** Erika Zúñiga, 2017

Como la señal de audio y video del generador de barras ya está codificada y modulada para su transmisión se realiza un escaneo de todos los canales que el televisor pueda receptor figura 8-3, ponemos en el canal 23.4 que es nuestro canal digital como se ve en la figura 9-3.



**Figura 9-3** Recepción del canal 23.  
**Realizado por:** Erika Zúñiga, 2017

En la figura 9-3 podemos observar que en la transmisión se realizó con éxito, recibiendo la señal digital.





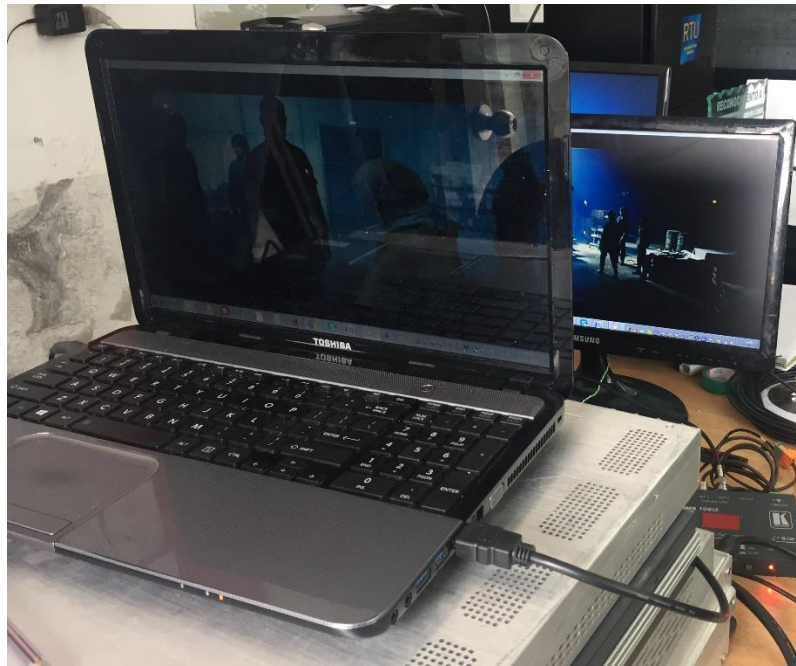
**Figura 10-3** Recepción de la señal del generador de barras  
Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

El módulo de ISDB-T Multiplexer recodifica la señal en una sola salida

También se probó con señal HDMI y de una cámara del canal como se muestra a continuación



**Figura 11-3** Pruebas con cámara del canal  
Realizado por: Erika Zúñiga. 2017



**Figura 12-3** Prueba con entrada HDMI  
Realizado por: Erika Zúñiga. 2017

### 3.4.2 Implementación

Se procede a la implementación en el cerro Pilishurco dentro de la caseta del canal Unimax, figura 13-3, al ingresar a la caseta podemos observar que el transmisor solo cuenta con la alimentación, el amplificador, botón de emergencia y el cable RF, entonces se produce a completar con el Encoder y el Modulador.



**Figura 13-3** Caseta y Torre de Tx Unimax, Cerro Pilishurco  
Realizado por: Erika Zúñiga, 2017



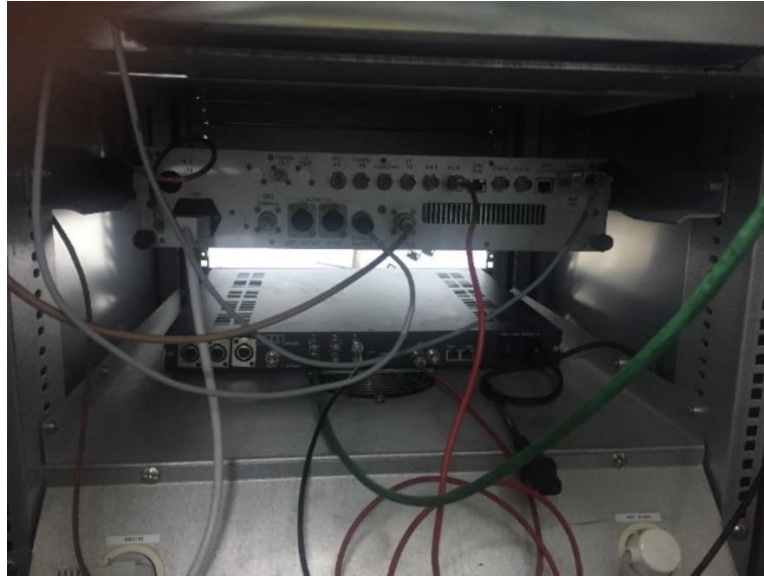
**Figura 14-3** Estado inicial del transmisor  
Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

En la Figura 14-3 se observa el estado del transmisor al ingresar a la caseta en el cerro Pilishurco, el transmisor está compuesto de la siguiente manera, en la parte inferior esta la alimentación, seguido el espacio para instalar los módulos con los que se realizó las pruebas de laboratorio previamente, observamos la amplificación, un botón de emergencia de color rojo que es para la protección del transmisor.



**Figura 15-3** Colocación de equipos y alimentación  
Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

En el espacio que estaba libre en el transmisor procedemos a colocar el encoder y el modulador. En la parte de atrás alimentamos a los módulos recordando que el encoder es a 110V y el modulador tiene una alimentación de 220V.



**Figura 16-3** Conexiones Encoder y Modulador  
Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

Ya colocados en su lugar los equipos procedemos a la conexión como se ve en la figura 16-3 de la siguiente manera: ingresamos la señal de audio (cable verde) a la entrada CBVS del Encoder y la señal de audio (cable negro en la entrada R), las señales que se utilizan son de la microondas analógica que está dentro de la caseta, las dos señales se mezclan y adecuan para obtener una sola señal la misma que sale por ASI (cable rojo) hacia el modulador.

En el modulador ingresamos la señal ASI (cable rojo) en la entrada A, en este punto la señal se acopla a los parámetros especificados por el estándar ISDB-Tb, este módulo está puesto a tierra, se habilita con el amplificador, la salida RF conectada con la entrada Rf del Amplificador, de la misma manera E-Link hacia el transmisor.






**Figura 17-3** Monitor con Estándar ISDB-T  
Realizado por: Erika Zúñiga, 2017





Para comprobar que la señal digital de Unimax por el canal 23.4 si se transmite utilizamos un monitor con el estándar ISDB-T, le colocamos una antena normar de aire y nos aseguramos que tenga recepción de canales. Ver figura 17-3.

Se procede a ingresar los parámetros del transmisor como el estándar de operación, frecuencia central, potencia de transmisión, modo de transmisión, intervalo de guarda, el ancho de banda es de 6 MHz. se configuran las tres capas jerárquicas A, B, C depende del servicio dependerá la modulación y su FEC.

**Tabla 19-3** Configuración de parámetros de transmisor en Capa A

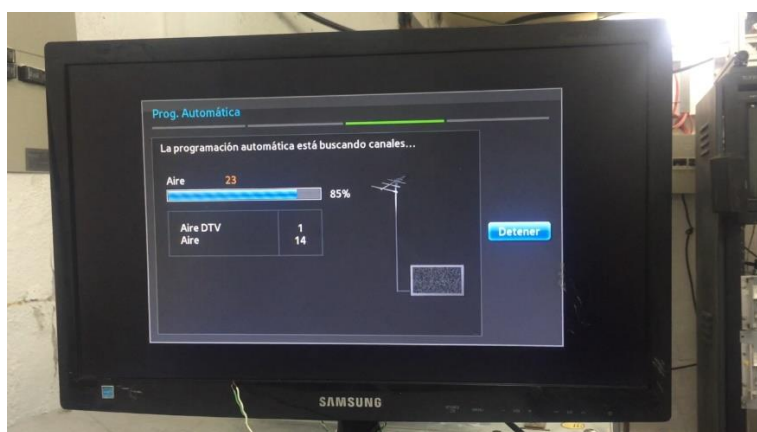
	<p>Modulación: 64 QAM</p>
	<p>Modo: 4</p>
	<p>Ki:1/32</p>

	Intervalo de guarda: 1/32
	Numero de segmento: 13

Realizado por: Erika Zuñiga, 2017

### 3.4.3 Resultados

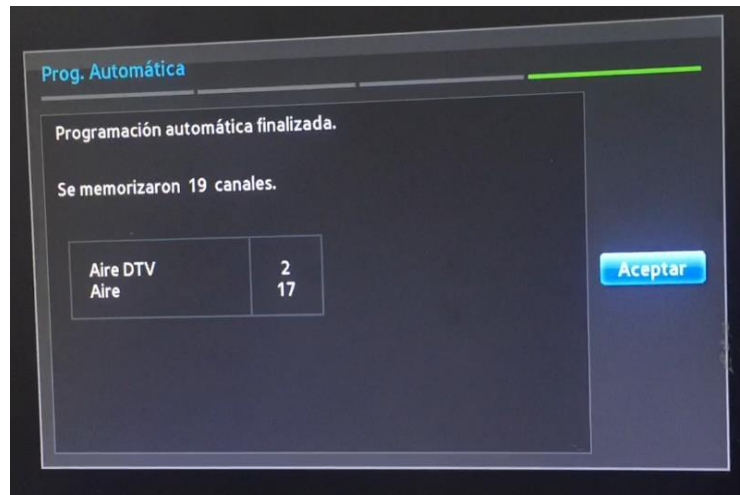
Una vez ya implementado el transmisor digital del canal de Unimax procedemos a realizar un filtro de señales abiertas en nuestro monitor.



**Figura 18-3** Recepción del canal 23 de Unimax

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

Como se ve en la figura 18-3 Cuando el escáner pasa por el canal 23 recibe la señal digital en el canal 23.4



**Figura 19-3** Escáner finalizado

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017

En la figura 19-3, observamos que el escáner finalizado nos da un resultado de 17 canales analógicos y dos canales de señal digital.

Se comprueba cuáles son estas señales digitales obtenidas, se concluye que en la ciudad de Ambato se recibe dos señales digitales 36.2 que corresponde a TV Color figura 20-3 que está ubicado en la ciudad de Latacunga y la señal digital del canal Unimax en 23.4 figura 21-3, que se logró con la implementación finalizada del transmisor digital tema y objetivo de este trabajo.



**Figura 20-3** Canal Digital 36.2 de TV Color

Realizado por: Erika Zúñiga, 2017



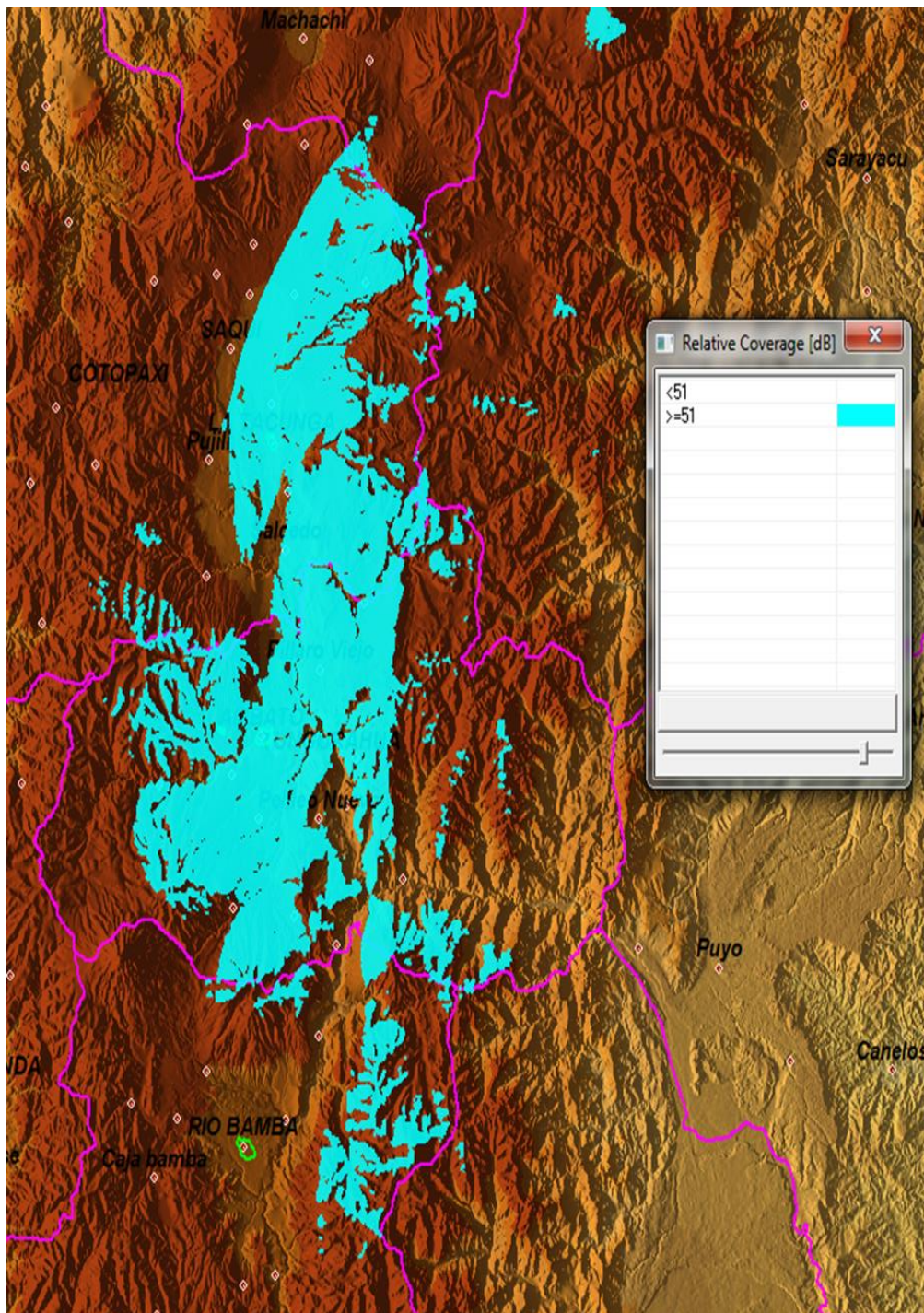
**Figura 21-3** Canal Digital 23.4 Unimax  
Realizado por: Erika Zuñiga, 2017

Como resultado final las ciudades de Ambato y Latacunga son servidas en un porcentaje superior al 70% pero en ambas poblaciones existen sectores sin un buen servicio debido a los pliegues geográficos generados por las estribaciones de este cerro tanto hacia la ciudad de Ambato y también en dirección a Latacunga, las que afectan principalmente a los sectores Occidentales de las dos ciudades, pero también existen otras poblaciones que deben ser servidas desde este cerro pero muchas de ellas se encuentran ocultas detrás de algunas lomas propias de la serranía.

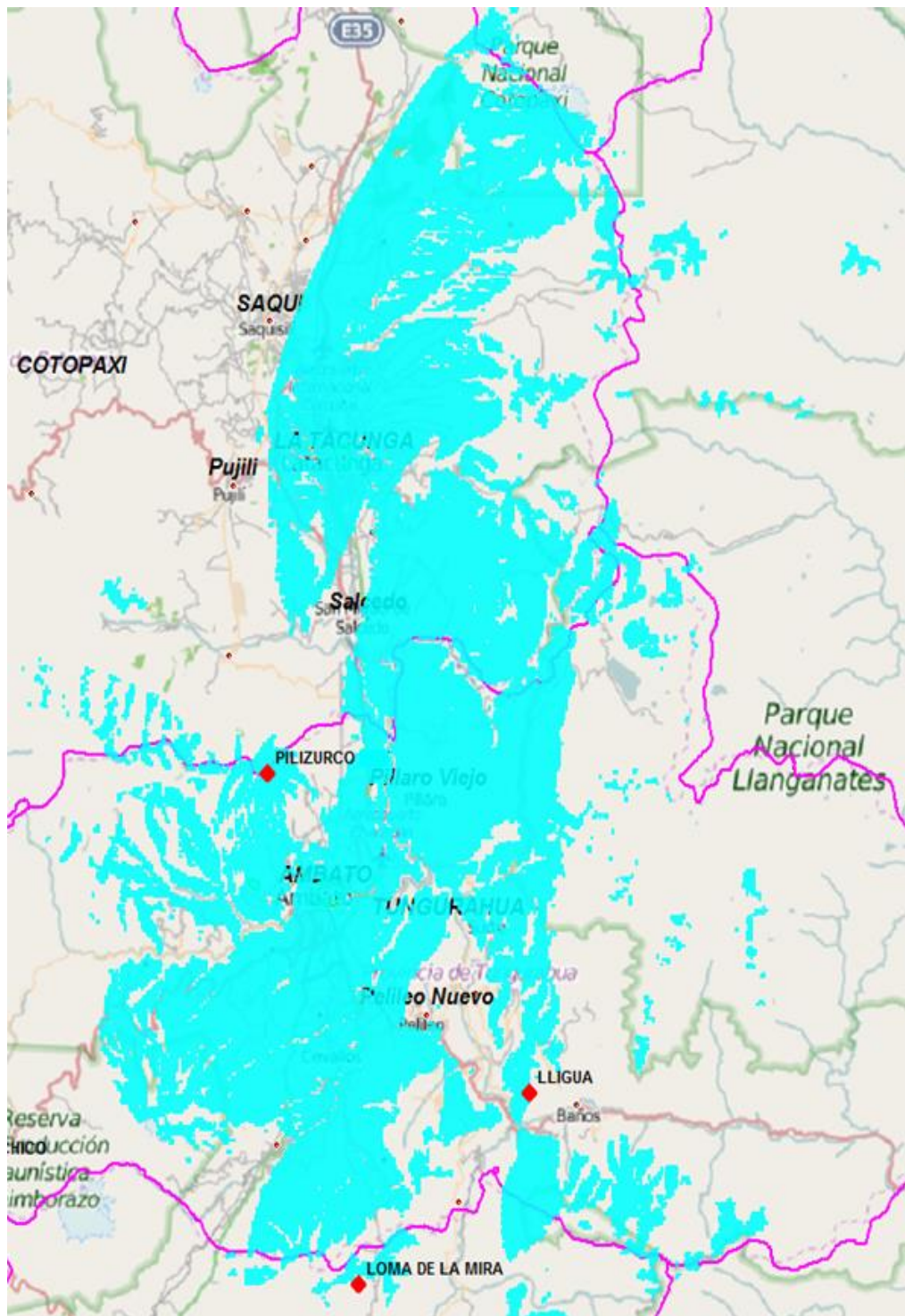
Ver figura 22-3 los resultados de cobertura de estos sectores producto de la simulación realizada para estas coberturas, generado mediante el uso de un software especializado para la operación con TDT y una potencia de operación igual a 400 Wrms. con un arreglo de antenas bidireccional de 4 Paneles (configuración 2+2), conforme a como actualmente operamos, pudiéndose evidenciar la existencia de aquellos sectores con intensidad de campo menor que 51 dBu/m y MER menor que 32 dB.

Por lo señalado, las zonas de sombra para esta cobertura se podrán considerar los siguientes sectores: Constnatino Fernandez, San Bartolomé, Antonio José Holguín, Mulalillo, una parte de Panzaleo, la mayor parte de Salcedo, Belisario Quevedo, Chavez Pamba, Salache, Sandilín, Pujilí, una parte de Saquisilí, Tanicuchín, Santa Rita, Plazuela, Tontapi, Patate, Pelileo, Huambaló, Puñapi, El Descanso, Cotaló, Mocha, parte de Quisapincha y Cusubamba,





**Figura 22-3** Zona de sombra-cobertura cerro Pilishurco  
Fuente: ECUATRONIX, 2017



**Figura 23-3** Simulación de cobertura del transmisor digital  
Fuente: ECUATRONIX, 2017



## CONCLUSIONES

El estándar adoptado por el país ahorra el espectro radioeléctrico generando así más canales gratuitos y con variedad de programación, puede trabajar en canales adyacentes y utilizando el ancho de banda de 6MHz, proporcionará mayor definición de imagen y sonido al espectador, la señal digital visualizada en equipos móviles y portátiles será de alta calidad.

El apagón analógico se define como el cese de emisiones de televisión analógica en el país, previsto como fecha límite hasta el año 2018, siendo así su migración progresiva, el apagón analógico se realiza en tres fases, la primera fase se realizara en las ciudades con poblaciones a 500.000 habitantes se prevé hasta el 27 de junio de 2017, en la segunda fase se procederá a localidades entre 500.000 a 200.000 habitantes cumpliendo una tercera fase en poblaciones menor a 200.000 habitantes hasta el 2018 para el cese en todo el territorio nacional, la estación de televisión Unimax tiene una cobertura de la provincia de Tungurahua y Cotopaxi, colocándose así en la segunda fase con poblaciones de entre 500.000 y 200.000 habitantes y deberá finalizar la transmisión total hasta el 31 de diciembre de 2017.

El impacto económico para las estaciones televisivas es fuerte ya que se ven obligados a la compra de equipos para la migración, cambiar sus equipos de la estación televisiva, como cámaras, cableados, equipos de edición, micrófonos, y se podría decir que la inversión es como equipar desde cero una estación televisiva, y por eso algunos canales que en su gran mayoría son los regionales y locales deciden adaptarse a los equipos que tienen y limitarse de gastos pero corren el riesgo de ser sancionados por los entes regulatorios.

El estándar ISDB-Tb tiene una modulación OFDM, cumpliendo parámetros en cada uno de los tres modos de funcionamiento, modulaciones para cada segmento son QPSK, 16QAM y 64QAM, con valores de intervalo de guarda  $1/4$ ,  $1/8$ ,  $1/16$  y  $1/32$  para cada símbolo transmitido, para Unimax se seleccionó el modo 3 con un intervalo de guarda de  $1/32$ .

Para el desarrollo del trabajo de titulación se procedió a verificar el estado de la estación televisiva Unimax, conociendo el estado de infraestructura del estudio, equipamiento del estudio, el sistema de transmisión y enlace para saber que requerimiento y parámetros serán necesarios para proceder a la migración al sistema de televisión digital terrestre.

Previo a la implementación del transmisor digital se debe tener un estudio técnico de la estación, para regirse a los parámetros establecidos en el estudio y así poder transmitir la señal

digital a toda la zona de cobertura, con los datos del estudio se procedió a la implementación del transmisor en el cerro Pilishurco teniendo como resultado señal digital, si no se pudo transmitir en HD es porque la señal debería salir con alta definición desde el estudio de televisión y por problemas económicos aún no se adecua todo el equipamiento para lograr una señal de tal definición pero se pudo enviar por la entrada HDMI programación de HD si el formato cumple con los parámetros requeridos para dicha transmisión.

Unimax en el canal 23.4 es el segundo canal digital de la ciudad de Ambato ya que comprobamos en la instalación que el canal 36.2 TV COLOR también aparece dentro de la zona de cobertura de la ciudad.

Se espera que para el mes de diciembre de 2017 el canal ya este abastecido en su totalidad en equipamiento digital, y se procedería a la instalación de la microondas digital y los módulos para HD y Canal Virtual para poder cumplir con la segunda fase establecida del cese de transmisión analógica para esa fecha.



## RECOMENDACIONES

Incentivar a los estudiantes a realizar aplicaciones Ginga, generando brechas universitarias para impulsar el crecimiento de conocimientos o dándole al estudiante un mecanismo de estudio y de trabajo a futuro.

Previo al apagón analógico se debe informar de manera correcta a la población de lo que trata específicamente la televisión digital ya que aún siguen adquiriendo televisores que no cumplen con este estándar y explicar que si no cumple con el estándar si pueden acceder a la señal mediante un decodificador.

Al momento de adquirir el equipamiento asegurarse que todos sean de la misma marca ya que se genera problemas al no tener las mismas características de funcionamiento y corren el riesgo de que no sean compatibles realizando una inversión fuerte sin poder migrar la señal ni poder utilizar los equipos de alguna otra manera.

Se recomienda revisar de manera constante la fuente de transmisión, debido a que se corra, se sobre module o sufra una alteración de voltaje por los diversos factores que se pueden presentar como fallas eléctricas, cambios climáticos, etc.

Con el desarrollo de este trabajo se vio la falta información o de conocimientos acerca del tema, se recomienda a las universidades o a empresas realizar cursos, seminarios o capacitaciones para poder tener un amplio conocimiento acerca de la televisión digital y el sistema ISDB-Tb que adopto el Ecuador.

Que se genere un tema de reciclaje o algún tipo de estudio que permita que todos los televisores de señal analógica que ya no puedan en su totalidad ni con decodificador receptar la nueva señal sirvan de otro uso o a su vez lleguen a un solo sitio y no contaminen el medio ambiente

## **BIBLIOGRAFÍA**

**ALBUJA, M. C.** *Análisis del dividendo digital resultante de la migración de la televisión analógica a digital en el Ecuador.* (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Pichincha, Ecuador: (octubre de 2010)

**AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL DE LAS TELECOMUNICACIONES.** [en línea]. [Consulta: 25 de febrero de 2017]. Obtenido de <http://www.arctel.gob.ec/la-arctel/>

**BENZI, C.** *Digital Broadcasting Switchover Forum.* Johannesburg. (11-13 de febrero de 2013).

**CAJAMARCA ULLAURI JORGE LUIS.** *Estudio de factibilidad del proceso de migración de televisión analógica terrestre a televisión digital terrestre del canal de televisión Austral Tv de la ciudad de Azogues* (tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca Cuenca, Azogues, Ecuador. (2013).

**COMITÉ INTERNACIONAL TÉCNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE** (23 de Enero de 2012). *CITDT-GAE-2012-001*. Obtenido de <http://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/02/Informe-CITDT-GAE-2012-001.pdf>

**CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES.** *RESOLUCION 332-09-CONATEL-2001*. (18 de Julio de 2001). Obtenido de <http://www.arctel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/03/Reglamento-Organico-Estructural-y-Funcional-SENATEL.pdf>

**CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES..** *Resolución No. 084-05-CONATEL-2010*. (25 de Marzo de 2010)

**CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES.** *RESOLUCIÓN RTV-961-26-CONATEL-2011*. Quito, (16 de Diciembre de 2011) Obtenido de <http://www.arctel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/01/961-RTV-26-CONATEL-2011-TH.pdf>

**CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES..** *RESOLUCIÓN RTV-681-24-CONATEL-2012. Plan Maestro de Transmisión de la Televisión Digital Terrestre en Ecuador.* (2012)

**CONSEJO NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES..** *Resolución NRXXX / 16.* (2016).

**CUJI RODRÍGUEZ JULIO ENRIQUE.** *Migración de un sistema de televisión con transmisión analógica a digital terrestre en la estación TV MICC canal 47.* Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Tungurahua, Ecuador (agosto de 2014).

**DATAVIDEO.** PCR-300/350HD, (12 de marzo de 2013).

**EL TELÉGRAFO.** Apagón analógico iniciará el 31 de diciembre 2016. *Los ministerios verifican que se vendan televisores con sintonizador de señal digital.* (18 de junio de 2014).

**FARIA, G.** Single Frequency Networks, a feature of the COFDM. Francia: ITIS. (2000).

*Ecuadorianos deben adquirir televisores con estandar ISDB-Tb [en línea].* Obtenido de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/ecuatorianos-deben-adquirir-televisores-con-estandar-isdbt-tb/>[Consulta:13 de enero de 2017 ]

**IRCO.** *Normas de Televisión TV Analógica.* Obtenido de [http://www.electronicajoan.com/irco/manual/APTEC-TVStandards\\_esp.pdf](http://www.electronicajoan.com/irco/manual/APTEC-TVStandards_esp.pdf)

**LEON CARRILLO JAVIER.** *Características y funcionalidades de la televisión digital para ser aplicadas en el Ecuador* (tesis de pregrado). Escuela Politecnica Nacional. Quito, Pichincha, Ecuador:

**LUZ RAMÓN. R.** *Sistemas de Radiocomunicaciones.* Madrid: Paraninfo. (2015)

**MINTEL.** ACUERDO MINISTERIAL No 70. Obtenido de <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/Acuerdo-Interministerial-para-creacion-CITDT.pdf>

**MORENO QUINCHE BYRON GERMÁN.** *Estudio y análisis de factibilidad para la implementación de la televisión digital terrestre en el Ecuador* (tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. Cuenca, Azogues, Ecuador: (noviembre de 2011).

**MUELA, M. F.** *Evaluación de prestaciones (rendimiento e interferencias) del estándar de Televisión Digital Terrestre ISDB-Tb, mediante simulaciones y mediciones* (tesis de pregrado). 33. España: Universidad Politécnica de Valencia.

**NIETO RUIZ VALERIA NATALIA** *Estudio técnico y económico para la implementación práctica de un canal de televisión digital terrestre con el estándar ISDB-T internacional en el Ecuador* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba Ecuador. 2013

- PALACIOS, I. F.** RESOLUCIÓN No. ST-2012-0353. (28 de Agosto de 2012). Obtenido de <http://www.arctel.gob.ec/wp-content/uploads/2016/06/resolucion-st-2012-0353-18-ene-2013-codigo-etica-2012.pdf>
- PISCIOTTA N. O.** *Transmisión de Televisión Digital Terrestre en la Norma ISDB-Tb*. (2013). Buenos Aires: cengage.
- PISCIOTTA, N. O.** *Sistemas ISDB-Tb (primera parte)*. (2010). Buenos Aires: (CIADE\_IT)-Universidad Blas Pascal.
- RIBADENEIRA, J.** Introducción a la Televisión Digital Terrestre. *Televisión Digital Terrestre*. (junio de 2015)
- RONALD GONZÁLEZ, E. P.** *Proceso de la implementación de la televisión digital en el Ecuador* (tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil, Guayas, Ecuador: (2013)
- SOTELO RAFAEL.** Sistema de Transmisión ISDB-T. Uruguay: Publicación. (septiembre de 2011). Obtenido de [http://www.um.edu.uy/\\_upload/\\_descarga/web\\_descarga\\_240\\_SistemadetransmisionISDB-T.-Sotelo\\_Durn\\_Joskowicz.pdf](http://www.um.edu.uy/_upload/_descarga/web_descarga_240_SistemadetransmisionISDB-T.-Sotelo_Durn_Joskowicz.pdf)
- TEJEDOR, R. J.** *Televisión digital terrestre (TDT)*. Obtenido de [http://www.acta.es/medios/articulos/ciencias\\_y\\_tecnologia/036109.pdf](http://www.acta.es/medios/articulos/ciencias_y_tecnologia/036109.pdf)
- YUSTE, A. P.** *La televisión mecánica. BAIRD Y JENKINGS: PIONEROS DE LA TELEVISIÓN MECÁNICA*. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España: EUIT: de Telecomunicación. (Diciembre de 2006).

## ANEXOS

- ANEXO A

Rec. UIT-R P.1546-3

1

### RECOMENDACIÓN UIT-R P.1546-3

#### **Métodos de predicción de punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3 000 MHz**

(2001-2003-2005-2007)

##### **Cometido**

En esta Recomendación se describe un método de predicción de propagación radioeléctrica punto a zona para servicios terrenales en la gama de frecuencias de 30 a 3 000 MHz. Se pretende utilizar este método en los circuitos radioeléctricos troposféricos en trayectos terrestres, trayectos marítimos y/o trayectos mixtos terrestre-marítimo entre 1-1 000 km de longitud para alturas de antena de transmisión efectivas menores de 3 000 m. El método se basa en la interpolación/extrapolación de curvas de intensidad de campo deducidas empíricamente en función de: la distancia, la altura de la antena, la frecuencia y el porcentaje de tiempo. El procedimiento de cálculo incluye además correcciones de los resultados que se obtienen de la interpolación/extrapolación a fin de reflejar el despejamiento del terreno y los obstáculos que obstruyen el terminal.

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

##### *considerando*

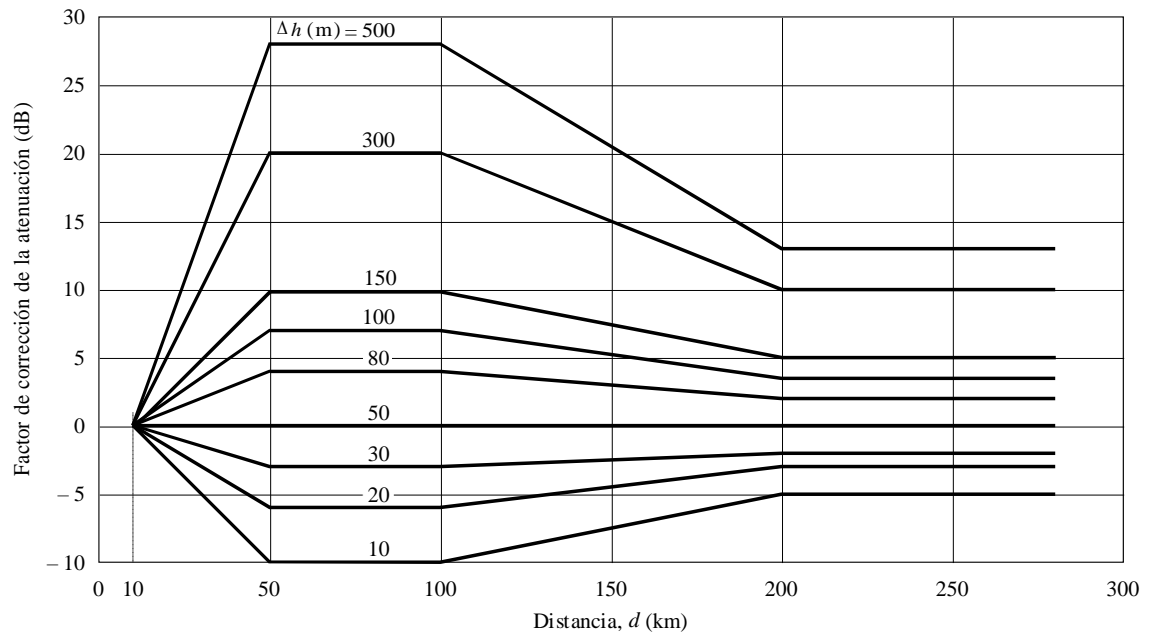
- la necesidad de facilitar directrices a los ingenieros para la planificación de los servicios de radiocomunicaciones terrenales en las bandas de ondas métricas y decamétricas;
- la importancia de determinar la distancia geográfica mínima entre las estaciones que trabajan en canales que utilizan las mismas frecuencias o en canales adyacentes, a fin de evitar la interferencia inaceptable debida a la propagación troposférica a gran distancia;
- que las curvas que aparecen en los Anexos 2, 3 y 4 se basan en el análisis estadístico de datos experimentales,

##### *observando*

- que la Recomendación UIT-R P.528 proporciona directrices sobre la predicción y la pérdida del trayecto de punto a zona para el servicio móvil aeronáutico en la gama de frecuencias 125 MHz a 30 GHz y para distancias de hasta 1 800 km;
- que la Recomendación UIT-R P.452 proporciona directrices para la evaluación detallada de la interferencia en microondas entre estaciones situadas en la superficie de la Tierra a frecuencias superiores a unos 0,7 GHz;
- que la Recomendación UIT-R P.617 proporciona directrices sobre la predicción de la pérdida del trayecto punto a punto en sistemas de radioenlaces transhorizonte en frecuencias superiores a 30 MHz y distancias entre 100 y 1 000 km;
- que la Recomendación UIT-R P.1411 proporciona directrices sobre la predicción para servicios de exteriores de corto alcance (hasta 1 km);
- que la Recomendación UIT-R P.530 proporciona directrices sobre la predicción de la pérdida del trayecto punto a punto en sistemas terrenales con visibilidad directa,

FIGURA 8

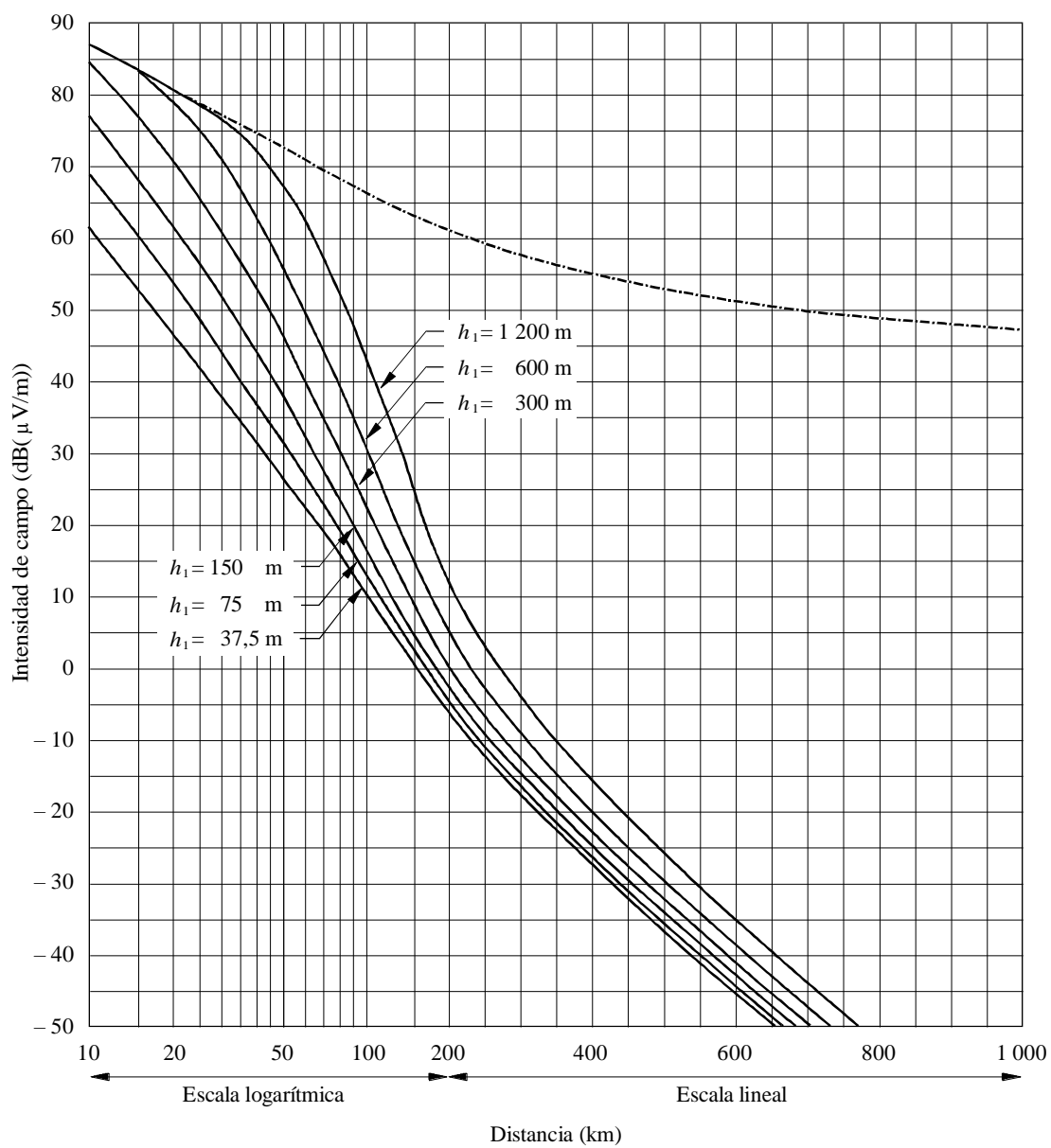
Factor de corrección de la atenuación en función de la distancia  $d$  (km) y  $\Delta h$



Frecuencias: 450-1 000 MHz (Bandas IV y V)

FIGURA 9

Intensidad de campo (dB( $\mu$ V/m)) para 1 kW de potencia radiada aparente



Frecuencia: 450-1 000 MHz (Bandas IV y V); tierra; 50% del tiempo;  
50% de los emplazamientos;  $h_2 = 10$  m;  $\Delta h = 50$  m

----- Espacio libre